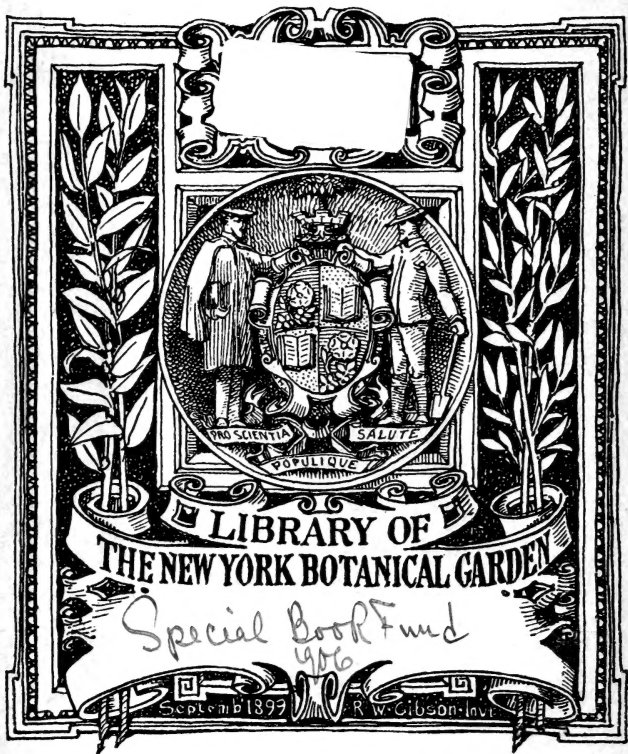


DE VOEDING DER PLANTEN

DOOR

Dr. Hugo de Vries



LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN

Special Book Fund
406

September 1899

R. W. Gibson. Inv.



DE VOEDING DER PLANTEN.

DE VOEDING

DER

PLANTEN

DOOR

HUGO DE VRIES.

MET AFBEELDINGEN.

Tweede, herziene druk.

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

HAARLEM,
H. D. TJEENK WILLINK.
1886.

4 R 001
. V 75
1886

LIBRARY
NEW YORK
BOTANICAL
GARDEN

DÉ BOUWSTOFFEN VAN HET PLANTENLICHAAM.

Elk levend wezen heeft tot zijne instandhouding voedsel noodig. Zoo het nog groeit en in massa toeneemt, is de oorzaak hiervan in het oog loopend; wanneer het echter volwassen is en uiterlijk niet of slechts weinig verandert, kan het evenmin voedsel ontberen. Bij elke inwendige of uitwendige beweging verslijt een gedeelte der stoffen, waaruit de lichaamsdeelen zijn opgebouwd, en gaat over in een vorm, waarin zij voor het leven nutteloos, ja bij ophooping schadelijk zijn. Deze versleten stoffen moeten door andere vervangen worden, en deze herstelling der organen in hun normalen toestand draagt den naam van voeding. Het voedsel dient dus in dit geval tot herstel van het stofverlies, dat de deelen des lichaams bij hunne verrichtingen geleden hebben. En daar nu geen leven denkbaar is zonder beweging, zij het ook slechts eene onzichtbare beweging der kleinste deeltjes, zoo is ook voortdurend verbruik van voedsel een even noodzakelijke eigenschap des levens. Slechts wanneer het levende organisme geheel in rust verkeert, vindt natuurlijk geen herstel van versleten deelen plaats; dit is o. a. het geval met droge zaden. In gelijke mate als nieuwe stoffen moeten worden opgenomen, moeten ook de verbruikte uit het lichaam verwijderd worden. Zij worden daartoe in bepaalde vormen, bij de planten grootendeels in gasvormigen toestand gebracht, in welken zij het plantenlichaam gemakkelijk verlaten. Doch hierop komen wij later terug.

Zal het voedsel werkelijk de versleten lichaamsdeelen vervangen, zoo moet het noodzakelijk òf uit dezelfde stoffen bestaan als het lichaam, òf ten minste uit zoodanige, waaruit zich deze kunnen vormen. Ten einde dus een juist begrip van de bestanddeelen te krijgen, welke in het voedsel eener plant moeten bevat zijn, doen wij het best, allereerst na te gaan uit welke stoffen de plant zelve bestaat.

De talrijke stoffen, die hetzij in alle, hetzij in enkele planten aangetroffen zijn, kunnen wij gevoegelijk in drie groepen samenvatten, wier kennis voor ons doel voldoende is en tevens zonder uitvoerige scheikundige beschouwingen verkregen kan worden. Allereerst verdient dan het water vermelding, dat in geen levend plantendeel ontbreekt en de noodzakelijke voorwaarde voor elke beweging in levende wezens is. Het doortrekt alle deelen der plant geheel en al, en vormt verreweg het grootste gedeelte van hun gewicht. Droogt men plantendeelen in warme, droge lucht, zoo kunnen zij dit water verliezen, zonder dat hunne overige bestanddeelen noemenswaardige veranderingen ondergaan. Zulke gedroogde plantendeelen zijn brandbaar, en laten, na volkomen verbranding, een witte, of min of meer grijze asch achter. Men kan deze asch gloeien, doch niet verbranden. Wij leeren daaruit, dat de vaste stof der planten uit een brandbaar en een onverbrandbaar gedeelte bestaat. De asch bestaat uit een mengsel van verschillende stoffen, die ook in de onbewerkte natuur voorkomen. Men noemt ze daarom anorganische stoffen. De brandbare stoffen komen allen daarin met elkander overeen, dat haars gelijken in de anorganische natuur niet worden aangetroffen, doch dat zij in de vrije natuur slechts in het lichaam van planten of van dieren ontstaan. Een tweede punt van overeenkomst is dit, dat de producten der verbranding, die steeds in gasvorm ontwijken, bij allen dezelfde zijn, of ten minste grootendeels uit dezelfde stoffen bestaan. Laat men namelijk de verbranding niet eenvoudig in de lucht, maar in gesloten toestellen plaats vinden, welke er op ingericht zijn om wel de noodige lucht toe te voeren, doch de ontstaande verbrandingsproducten op te vangen, zoo blijkt het dat kool-

zuur en water onder deze nooit ontbreken, ja dat in vele gevallen er niet anders ontstaat dan alleen deze beide lichamen. Deze brandbare stoffen nu worden in de scheikunde organische genoemd, in tegenstelling van de vroeger besproken anorganische.

Voor een algemeen overzicht van de voedingsverschijnselen der planten is het voldoende de vragen te beantwoorden, welke de bronnen zijn, waaruit de plant haar water, hare anorganische en hare organische stoffen put? Dat het water door de wortels uit den grond wordt opgenomen, weet iedereen, en wij kunnen ons dus terstond tot de behandeling der beide volgende vragen wenden. Gaan wij na, wat een opmerkelijke beschouwing van de levensvoorwaarden der bij ons gekweekte of in het wild voorkomende planten ons daaromtrent leeren kan.

De bodem, waaruit onze tuinplanten haar voedsel putten, is de gewone tuinaarde. Deze bestaat ten deele uit zand, en ten deele uit de halfvergane overblijfselen van planten. Aan de laatste heeft zij haar zwarte kleur te danken.

Telken jare vallen van boomen en heesters de bladen af, eenjarige planten sterven geheel, en van overblijvende gewassen vergaat alles, wat zich boven den grond ontwikkeld heeft. Al deze plantendeelen worden met de aarde der perken gemengd en als een goede mest beschouwd. Zij verrotten gedeeltelijk, en gaan daardoor tot een vormlooze fijnkorrelige massa over. Onze tuinplanten vinden in den grond dus zoowel organische als anorganische stoffen, en wij kunnen dus uit de waarneming van deze de vraag niet oplossen, of zij beide, dan wel slechts een van beide deelen van haar voedsel uit den bodem opnemen. Daarentegen zijn er een aantal planten, die op onze duinen en zandverstuivingen groeien op plaatsen, waar de lichtgele kleur van den grond ons reeds terstond doet zien, dat hij uit zuiver zand bestaat, waarmede hoogstens anorganische zouten vermengd kunnen zijn, doch dat in elk geval van de bruine, halfvergane overblijfsels van vroegere planten geen spoor is aan te treffen. Zulke planten vinden dus geen organisch voedsel in den grond, en daar in de lucht evenmin organische stoffen voorkomen, kunnen wij omtrent haar zeker

zijn, dat zij slechts anorganische bestanddeelen opnemen. Hieruit volgt verder, dat zij het vermogen moeten bezitten uit deze anorganische stoffen de organische bestanddeelen van haar lichaam te maken. Hetzelfde geldt van die talrijke soorten van mossen en korstmossen, welke in rotsachtige streken zoo veelvuldig op de naakte rotswanden worden aangetroffen. Ook zij kunnen slechts anorganisch voedsel opnemen. — Keeren wij nu tot de tuinplanten terug. Nemen deze wellicht ook slechts de anorganische stoffen uit den grond op, of hebben ze ook de organische noodig? Op deze vraag moet het antwoord door een rechtstreeksche proef geleverd worden.

Vóór mij staat een krachtig ontwikkelde kiemplant der gewone bruine boon. Hare wortels zijn volstrekt met geen aarde of zand in aanraking, doch hangen vrij in het water van een hoog en wijd cilinderglas. Dit glas is van boven door een kurk gesloten, in welke een zijdelingsche insnijding gemaakt is, om den stengel door te laten en tevens vast te houden. In het water heb ik een zekere hoeveelheid anorganische stoffen opgelost, om te zorgen dat de plant hieraan geen gebrek lijdt. Een zekere hoeveelheid organische stof bezat de plant in hare zaadlobben; deze zijn echter reeds uitgezogen en op het punt van af te vallen. Toch gaat de ontwikkeling der kiemplant voort. Laat ik haar in dezen cilinder staan, en zorg ik slechts haar van tijd tot tijd versch water te geven en daarin telkens wat anorganische zouten op te lossen, zoo zal zij zich onder den invloed van warmte en zonlicht verder en verder ontwikkelen, een stengel met talrijke bladen en eindelijk ook bloemen en vruchten voortbrengen. Zonder ooit in aanraking met den grond te zijn, en zonder ooit organische stof op te kunnen nemen, kan een bruine boon haar geheelen levensloop op normale wijze volbrengen. Hetzelfde geldt ook van andere tuinplanten, en voorts van alle gewassen, met welke men tot nu toe deze zoogenoemde watercultuur beproefd heeft. Kan nu een tuinplant bij uitsluiting van anorganische stoffen leven, zoo is het waarschijnlijk dat zij uit den bodem ook slechts deze opneemt; een gevolgtrekking, voor welke juistheid alle tot nu toe omtrent de voeding der planten bekende feiten pleiten.

Zoo ik in de zoeven beschreven proef verzuimde, aan het water van tijd tot tijd de noodige zouten toe te voegen, zou mijn plant niet tot ontwikkeling komen. Indien ik in plaats van zouten organische stoffen toevoegde, zou ik evenmin haar kunnen doen groeien, hoe ik ook de keus dezer laatste zou mogen afwisselen. Al deze waarnemingen voeren ons dus tot het besluit, dat ook deze planten geen organische stoffen opnemen, doch wel anorganische; bij gebrek aan deze laatsten zouden zij spoedig kwijnen en eindelijk sterven. Hieruit volgt nu echter als van zelf de gevolgtrekking, dat de organische stoffen in het plantenlichaam uit anorganische moeten ontstaan, dat de bron der brandbare bestanddeelen dus onder deze laatstgenoemde lichamen moet gezocht worden. Welke stoffen zijn het, die deze zoo zeer belangrijke veranderingen kunnen ondergaan, en daardoor onder alle voedselstoffen de voornaamste plaats innemen?

De beantwoording van deze vraag eischt, dat wij eenigszins dieper in de voornaamste scheikundige eigenschappen der stof indringen. De meeste lichamen, die ons omgeven, bestaan uit ongelijksoortige deelen, al schijnen zij ook bij het nauwkeurigste onderzoek voor het oog slechts uit één stof te zijn opgebouwd. Langs scheikundigen weg kunnen zij echter in twee of meer verschillende stoffen gesplitst worden. Dikwijls kunnen deze stoffen zelve weder in ongelijksoortige bestanddeelen ontleed worden; eindelijk echter bereikt men stoffen, die op generlei wijze verder in ongelijksoortige deelen kunnen worden gesplitst. Deze ondeelbare stoffen, uit wier verbindingen de meeste voorwerpen zijn opgebouwd, dragen in de scheikunde den naam van elementen. Zij zijn onveranderlijk, en kunnen dus niet in elkander overgevoerd worden. Zij kunnen echter zeer verschillende verbindingen met elkander aangaan, in welke haar eigenschappen schijnbaar geheel verloren zijn gegaan en voor andere hebben plaats gemaakt, zoodat dikwijls slechts een scheikundige ontleding in staat is hare aanwezigheid in bepaalde voorwerpen aan te toonen. Terwijl nu deze verbindingen bij scheikundige werkingen telkens en telkens veranderen, en daardoor als het ware nieuwe stoffen met geheel

andere eigenschappen voortgebracht worden, blijven de elementen daarbij onveranderd, en zijn dus in de producten der scheikundige werkingen in soort en hoeveelheid juist dezelfden als in de lichamen, uit welke deze producten ontstonden.

Uit deze alleralgemeenste beginselen der scheikunde volgt voor ons dit belangrijke besluit, dat de anorganische stoffen, waaruit zich in de plant de organische moeten vormen, uit dezelfde elementen moeten bestaan als deze. Hoogstens kunnen zij daarenboven nog andere elementen bevatten. Welke zijn dus de elementen waaruit de organische plantenstof bestaat, en in welke verbindingen komen deze in de natuur voor? Tot de beantwoording van deze vraag kunnen wij een stap nader komen, zoo wij nagaan wat er bij de verbranding der droge plantenstof geschiedt. Daarbij toch gaat de organische stof in anorganische verbindingen over, doch de elementen zullen in de verbrandingsproducten dezelfde gebleven zijn, als in de verbrande stof. Deze verbrandingsproducten bestaan nu voor verreweg het grootste gedeelte uit koolzuur, dat als gas, en uit water, dat in den toestand van waterdamp ontwijkt. Gloeien wij de overblijvende asch ten behoeve eener volledige verbranding, zoo verliest zij nog andere verbindingen, doch in vergelijking met het koolzuur en het water slechts in geringe hoeveelheid. Koolzuur nu bestaat uit koolstof en zuurstof, water uit waterstof en zuurstof. Deze beide feiten worden in de scheikunde het eenvoudigst daardoor bewezen, dat men koolstof en waterstof in zuiveren toestand verbrandt. Men kan dit doen in een ruimte die behalve een der beide genoemde stoffen slechts zuurstof bevat, en verkrijgt in het eerste geval koolzuur en in het tweede water. De organische stof der planten bestaat dus in hoofdzaak uit drie elementen, te weten koolstof, waterstof en zuurstof. Van de aanwezigheid van het laatste levert de verbranding wel niet rechtstreeks het bewijs, daar bij de verbranding, gelijk men weet, de zuurstof der lucht wordt opgenomen. Deze laatste kon dus de bron van de zuurstof in het koolzuur en het water zijn, en is dit werkelijk ten deele. Dat echter ook in de plantenstof zuurstof aanwezig is, leeren bijzondere, tot dit doel ingerichte verbrandingsproeven.

Daar nu koolzuur en water in de lucht voorkomen, en het water van rivieren, beken, meren enz. eveneens steeds koolzuur bevat, zoo ligt het vermoeden voor de hand, dat de planten juist deze beide lichamen zullen gebruiken om er hare organische stof uit te vormen. Dat dit werkelijk het geval is, zullen wij voor het koolzuur weldra door proeven bewijzen; voor het water kan men dit uit zijne algemeenheid afleiden, en uit de omstandigheid, dat de waterstof in geene andere verbinding in voldoende hoeveelheid en in geschikten toestand aan de planten wordt aangeboden om door deze te worden opgenomen.

Behalve koolstof, waterstof en zuurstof komen er nog twee elementen in de organische stoffen der planten voor, ofschoon in zeer geringe hoeveelheid. Het zijn de stikstof en de zwavel. Van beide treft men in den grond verbindingen aan, die de bron zijn waaraan de planten deze elementen ontleenen. De stikstof is een bestanddeel van de ammonia en van den salpeter van den grond, terwijl de zwavel een der elementen is waaruit de gips bestaat, gelijk de scheikundige naam van deze stof: zwavelzure kalk, aanduidt. Over het opnemen van deze beide elementen kunnen wij echter hier niet verder uitweiden, doch moeten den lezer hiervoor naar een der volgende hoofdstukken verwijzen. Alleen verdient nog vermeld te worden, dat zij niet in alle organische verbindingen der planten voorkomen, doch slechts in een betrekkelijk klein aantal, en dat zij daarin, ook wat de hoeveelheid betreft, verre onderdoen voor die verbindingen, welke deze beide elementen niet bevatten.

Terwijl het water, dat voor de vorming van organische stoffen verbruikt moet worden, tegelijk met de veel grootere hoeveelheid water, dat als zoodanig aan den opbouw der plant deelneemt, uit den grond door de wortels wordt opgenomen, eischt de bron van het koolzuur een nadere beschouwing. Water bezit een levend plantendeel altijd in overgrootte hoeveelheid; het koolzuur is daarentegen in veel geringere mate aanwezig, en de vorming van organische stof zal dus vooral van den toevoer van het koolzuur afhangen.

Voor dat wij echter verder gaan is het noodig, ons door een rechtstreeksche proef te overtuigen, dat werkelijk het koolzuur de bron is, waaruit de planten de koolstof harer organische verbindingen putten. Men kan dit op zeer eenvoudige wijze doen. Hiertoe brengt men een bebladerden tak, liefst zonder dien van de plant af te snijden, in een wijde glazen buis, en sluit de buis aan beide uiteinden door deksels, die elk doorboord zijn, terwijl in deze doorboring een nauwer glazen buisje luchtdicht bevestigd is. Het eene der beide deksels bevat daarenboven een opening voor den tak, doch ook deze opening wordt, na invoering van den tak, luchtdicht gesloten. De beide nauwe glazen buisjes zijn dus de eenige wegen, waardoor de lucht in de wijde buis kan intreden of haar verlaten. Men doet nu, door daartoe ingerichte toestellen, een stroom lucht door de buis gaan, en onderzoekt de lucht, wanneer zij de buis verlaat. Vergelijkt men dan de samenstelling van deze lucht met de bekende samenstelling van gewone dampkringslucht, dan kan men hieruit de veranderingen afleiden, die zij in de buis heeft ondergaan. Het blijkt dan, dat het koolzuur voor een groot gedeelte uit die lucht verdwenen en dus door de plant opgenomen is. De inrichting van deze proef laat niet toe te bepalen of de hoeveelheid van de lucht, die de plant omgeeft, vermindert, iets wat men, om het verdwijnen van het koolzuur, allicht zou vermoeden. Plaatsen wij echter een bebladerde plant aan het licht onder een glazen klok, waarvan de lucht door water zoodanig afgesperd is, dat de stand van het water tegelijk de hoeveelheid lucht aangeeft, zoo ziet men, dat deze hoeveelheid bijna niet verandert, al zet men de proef ook gedurende verscheidene uren voort, en al heeft men een duidelijk merkbare hoeveelheid koolzuur vooraf toegevoegd. Toch wordt het koolzuur ontleed, en blijkt de lucht, bij later onderzoek, hiervan tot een belangrijk bedrag aan de plant afgegeven te hebben. Tegelijk met het opnemen van koolzuur moet dus een ander gas door de plant aan de lucht zijn teruggegeven, en wel in ongeveer even groote hoeveelheid als die van het opgenomen koolzuur. Langs scheikundigen weg kan men den

aard van dit gas bepalen, en vindt dan dat het zuurstof is.

Dit vrij worden van zuurstof kan ons trouwens niet verwonderen. Wij weten dat de organische plantenstoffen om te verbranden de zuurstof der lucht opnemen en dan grootendeels in koolzuur en water overgaan. Daar nu de elementen onvergankelijk en onveranderlijk zijn, zal er natuurlijk omgekeerd zuurstof vrij moeten worden, wanneer koolzuur en water in organische stoffen worden omgezet.

De beide beschreven proeven, waarin planten koolzuur ontleeden, gelukken niet onder alle omstandigheden, en niet met alle plantendeelen. Bloemen en hare verschillende onderdeelen, wortels, onderaardsche stengeldeelen, merg en hout van stammen of stengels, in één woord al die organen, welke een andere dan de groene kleur bezitten, kunnen geen koolzuur ontleeden. Evenmin kunnen dit die plantensoorten, die in het geheel geen groene kleurstof in haar weefsels voortbrengen, zooals paddestoelen en schimmels, en onder de hoogere planten de bremrapen, het warkruid en het stofzaad, alle planten, waarover wij later uitvoeriger zullen moeten spreken. De groene kleurstof der planten, het zoogenaamde bladgroen, is dus een onmisbare voorwaarde voor de ontleding van het koolzuur. Planten, die het missen, zijn genoodzaakt haar organische stof, hetzij als woekerplanten uit andere levende wezens, hetzij als afvalplanten uit afgevallen bladen en andere rottende organische stoffen te putten. Een tweede, even onmisbare voorwaarde voor het ontstaan van organische stoffen is het licht. Herhaalt men de hierboven beschreven proeven in het donker, zoo neemt de hoeveelheid koolzuur in de lucht niet af, doch vermeerdert zelfs ten gevolge van andere processen, die wij weldra nader zullen bespreken.

Aan de vorming van organische stoffen uit koolzuur en water door groene plantendeelen in het licht, geeft men den naam van koolzuur-ontleding. Bij dit proces wordt het gasvormige en onbrandbare koolzuur, dat zoo geheel verschillend is van de bestanddeelen van het plantenlichaam, ontleed en in organische stoffen omgezet, die met diegene, waaruit verreweg het aanzienlijkste deel der plant bestaat, in samenstelling

en eigenschappen zeer nauw overeenkomen. De nadere beschouwing dezer gelijkmaking van het voedsel aan de bestanddeelen des lichaams zal voor ons het onderwerp van een afzonderlijk hoofdstuk uitmaken.

Vatten wij het tot hier toe beschrevene in korte woorden te zamen, zoo kunnen wij zeggen, dat de plant tot hare voeding water, vaste doch oplosbare anorganische stoffen en organische verbindingen noodig heeft. De beide eersten neemt zij door de wortels uit den grond op; de bron der organische stoffen is het koolzuur der lucht, dat zich met het in de plant bevatte water, onder vrijwording van zuurstof, tot deze organische verbindingen vereenigt. Wat de stikstofhoudende organische stoffen betreft, zoo ontstaan deze uit de reeds gevormde organische verbindingen en den salpeter of de ammonia, die door de wortels uit den bodem worden opgezogen. De bron van de zwavel van sommige organische verbindingen leerden wij in de zwavelzure kalk van den bodem kennen.

In het begin van dit hoofdstuk hebben wij gezien, dat de voeding dient òf tot het voortbrengen van nieuwe organen en het vergrooten der aangelegde, òf tot herstel der bij de levensverrichtingen versleten deelen des plantenlichaams. Ik heb er toen op gewezen, dat deze versleten deelen uit de plant verwijderd moeten worden, daar hunne opéénhooping voor het leven schadelijk zou kunnen worden. Deze verwijdering der versleten deelen, en het verslijten der deelen zelf, verdient te dezer plaatse eenigszins uitvoeriger besproken te worden.

Het verslijten der lichaamsdeelen bij het volvoeren van bewegingen draagt den naam van stofwisseling. Daarbij kan de ontstaande beweging voor het oog waarneembaar, of wel van dien aard zijn, dat zij zich aan een rechtstreeksche beschouwing onttrekt. Een onmisbare voorwaarde voor het plaats vinden der stofwisseling is de ademhaling. Dit verschijnsel, dat bij alle levende wezens in hoofdzaak op hetzelfde neêrkomt, kan voor een geleidelijke behandeling gevoegelijk in twee werkingen gesplitst worden, n.l. de inademing en de uitademing. Zonder inademing is op den duur geen stofwisseling mogelijk; de uitademing dient om de gasvormige producten der stof-

wisseling uit het lichaam te verwijderen. Men ziet, dat deze laatste overeenkomen met datgene, wat wij zoo even de versleten stoffen des lichaams hebben genoemd.

Leven zonder zuurstof is voor de planten evenmin mogelijk als voor den mensch en de dieren. Wel kan een door de zon beschenen plant in een zuurstofarme lucht het aanwezige koolzuur ontleden, en zoo voor hare verdere ontwikkeling de noodige zuurstof zelf bereiden, doch wanneer men voortdurend dit gas weg voert en door zuurstofvrije lucht vervangt, zal het leven der plant onder deze omstandigheden slechts van korten duur zijn. Gemis van zuurstof doodt daarentegen de plant niet terstond, doch het doet de levensverrichtingen stilstaan; wordt na eenigen tijd dan weer zuurstof toegevoerd, zoo blijkt de stoornis slechts tijdelijk geweest te zijn, en herstelt de plant zich na korter of langer tijd in haar oorspronkelijken toestand. Een langdurig oponthoud in een zuurstofvrije omgeving kan een plant daarentegen niet zonder gevaar voor haar leven ondergaan. De meest sprekende bewijzen voor de belangrijkheid van dit gas voor de stofwisseling leveren zonder twijfel de gevallen van prikkelbaarheid en periodische bewegingen. Iedereen kent het Kruidje-roer-mij-niet (*Mimosa pudica*). De blaadjes van deze plant zijn gevind, doch daarbij nog eens vier aan vier op een algemeenen bladsteel te zamen ingeplant. (Fig. 1). Op de plaatsen waar een bladschijfje aan zijn bladsteel verbonden is, of waar de vier bijzondere bladstelen aan den algemeenen steel vastgehecht zijn, en eindelijk waar deze aan den stengel bevestigd is, treft men geledingen aan, die min of meer aangezwollen zijn, en waardoor de bewegingen van onze plant bewerkt worden. Raakt men voorzichtig een gevind blaadje aan, zonder daarbij de geheele plant te schudden, zoo ziet men de bladschijven van dit blaadje zich naar elkander toe bewegen, en zich met hare bovenzijde tegen elkander aanleggen. Men kan zelfs door een uiterst voorzichtige aanraking het er toe brengen dat slechts enkele bladschijven zich bewegen, doch meestal plant de prikkel zich snel over het geheele blad voort. De nevensgaande figuur vertoont twee takken van het Kruidje-roer-mij-niet; van den eenen

Fig. 1

Kruidge-roer-mij-niet (*Mimosa pudica*).

zijn blaadjes aangeraakt en dien tengevolge toegevouwen; sommigen zijn daarbij naar beneden gezakt, daar bij een eenigzins sterkere prikkeling, b.v. als men even met een stokje tegen het blad aanslaat, zich niet alleen alle vier de blaadjes sluiten, maar de geledingen onder aan de bijzondere stelen en onder aan den algemeenen steel slap worden, waardoor natuurlijk het geheele blad naar beneden zakt. Laat men het blad daarna in rust, zoo verheft het zich langzamerhand weder, en heeft na eenigen tijd zijn uitgespreiden stand weer aangenomen. Overeenkomstige, ofschoon niet geheel dezelfde bewegingen, maken de bladen ook des avonds, wanneer de duisternis invalt, om zich eerst 's morgens weer te ontplooien, wanneer zij weer door het licht beschenen worden. Dit sluiten der bladen gedurende den nacht werd, gelijk bekend is, door Linnaeus met den naam van plantenslaap bestempeld.

Doch genoeg over de bewegingen van het Kruidje-roer-mijniet; er is ons hier niet zoozeer daaraan gelegen, deze nauwkeurig te kennen, als wel na te gaan, in hoeverre de zuurstof der lucht daarop een invloed uitoefent. Plaatst men over een krachtig exemplaar met zeer gevoelige bladen een glazen klok, en verwijdert men uit deze de zuurstof, terwijl men zorg draagt daarbij de plant volstrekt niet te stooten of te schudden, zoo ziet men weldra de blaadjes zich sluiten en gaan hangen, alsof zij door een krachtigen schok getroffen waren. In plaats van zich daarna langzamerhand te herstellen, blijven zij in dien toestand zoolang als men ze in de zuurstofvrije lucht doet blijven. Zij kunnen daarin hun gewone bewegingen niet volbrengen, en zijn evenmin voor verdere aanraking gevoelig. Ook het invallen van den nacht of het aanbreken van den dag heeft in dien toestand op hen geen invloed meer. Heeft de proef niet te lang geduurd, zoo kan men, door de klok weg te nemen en de plant zodoende in aanraking met de gewone lucht te brengen, langzamerhand de eigen bewegingen en de prikkelbaarheid weer doen terugkeeren. Hieruit blijkt, dat zij slechts tijdelijk opgeheven waren, en wel tengevolge van het gemis van zuurstof.

Brengt men kiemende zaden, of takken met uitlopende

knoppen, in een lucht die geen zuurstof bevat, en waarin zij zelve niet door ontleding van koolzuur zuurstof kunnen doen ontstaan, zoo ziet men hunne ontwikkeling terstond ophouden en niet eerder voortgaan, vóór weer zuurstof aan hunne omgeving wordt toegevoerd.

Blijkt uit de aangehaalde proeven de onontbeerlijkheid der zuurstof voor de levensverrichtingen der planten, de oorzaak van deze onontbeerlijkheid wordt ons door haar niet aange-toond. Om deze te leeren kennen zijn eenige andere proeven noodig, wier beschrijving wij dus nu willen laten volgen.

Men kan zaden in vochtig zand bij gunstige temperatuur in het donker laten kiemen; zij ontwikkelen zich even goed als in het licht, doch de plantjes worden bleekgeel in plaats van groen, en een opneming van koolzuur ter vorming van organisch voedsel is, gelijk wij boven gezien hebben, daarbij onmogelijk. Weegt men nu de zaden voordat men ze te kiemen legt, en weegt men dan na verloop van eenige weken de daaruit voortgekomen kiemplantjes, zoo bemerkt men dat de laatste zwaarder zijn dan de eerste. De oorzaak van dit verschil ligt echter klaarblijkelijk in het opgenomen water. Wij hadden de zaden in drogen toestand gewogen, en de plantjes in waterhoudenden. Om het gewicht van het water buiten rekening te brengen, drogen wij de planten voorzichtig en wegen ze nu nogmaals. Haar gewicht bedraagt nu slechts ongeveer de helft van dat der zaden. De vaste stoffen in deze aanwezig, zijn dus bij de ontkieming ten deele verdwenen. In welken toestand zijn zij overgegaan?

In op of het zand treffen wij geen vreemde stoffen aan, van welke wij zouden kunnen vermoeden, dat zij van de verdwenen bestanddeelen der kiemplanten afkomstig waren. Wij zullen deze laatste dus in de lucht moeten zoeken. Hiertoe brengt men de ter kieming bestemde zaden, onder voor hare ontwikkeling gunstige omstandigheden, in een flesch, die met een dubbel doorboorde kurk gesloten is. Door de eene opening gaat een glazen buisje, dat versche lucht invoert; door de andere opening gaat eveneens een buis, die bijna tot onder in de flesch reikt en aan haar andere uiteinde in verbinding is

gebracht met een toestel, dat de lucht in een langzamen stroom door de flesch heen zuigt. Zoo wordt de verbruikte lucht voortdurend afgevoerd en door versche, zuurstof houdende vervangen. Onderzoekt men nu de lucht, die de flesch met kiemende zaden verlaat, en vergelijkt men hare samenstelling met die der dampkringslucht, zoo vindt men dat zij een veel grooter gehalte aan koolzuur bezit dan deze. De kiemende zaden doen dus koolzuur ontstaan.

Men kan met dezen eenvoudigen toestel de proef met allerlei andere levende plantendeelen herhalen. Brengt men er bloemen in, of wel afzonderlijke bloembladen, meeldraden of stampers, brengt men er zich ontwikkelende blad- of bloemknoppen in, of wortels, of stengeldeelen, in één woord welke plantendeelen men maar wil, altijd verkrijgt men dezelfde uitkomst, n.l. een grooter koolzuurgehalte van de verbruikte lucht, dan in gewone lucht wordt aangetroffen. Het spreekt van zelf dat men bij deze proeven zorgvuldig toe moet zien, dat zich in de flesch geen koolzuur ontledende plantendeelen bevinden, m. a. w. dat er geen groene organen in gebracht worden, of dat men, zoo deze er in zijn, de proef in het donker neemt. Met deze voorzorg is de uitslag steeds dezelfde; verzuimde men haar, zoo zouden de planten koolzuur ontleden en zuurstof doen ontstaan, en er zou dus juist een tegenovergesteld resultaat verkregen worden.

Wij hebben door deze verschillende proeven ons de kennis verworven van drie zaken. Voor elke levensverrichting is zuurstof noodig, daarbij neemt het gehalte aan vaste stoffen af, en wordt koolzuur aan de lucht afgegeven. Het is niet moeilijk het verband tusschen deze drie verschijnselen in te zien. Ik behoef daartoe slechts te herinneren aan het feit, dat koolzuur ontstaat door de verbinding van koolstof met zuurstof, en dat koolstof een nimmer ontbrekend element der organische verbindingen uitmaakt. De zuurstof, die in het koolzuur door de plant afgegeven wordt, is dus de ingeademde zuurstof; de koolstof wordt ontleend aan de organische verbindingen. Hier van is echter een noodzakelijk gevolg, dat de hoeveelheid dier organische stoffen afneemt, en wij vinden dus ook voor het ge-

wichtsverlies van kiemende zaden of andere krachtig groeiende plantendeelen een gereede verklaring. De plantenstof bestaat niet alleen uit koolstof, maar ook uit waterstof, zuurstof en stikstof. Van deze ontwijkt de waterstof gelijktijdig met de koolstof, en verbindt zich daarbij eveneens met zuurstof; het product dezer verbinding is water, dat zich met het overige water in de plant vermengt, en dus niet als zoodanig kan worden aangetoond. De zuurstof der organische verbindingen wordt natuurlijk met de ingeademde tot het vormen van koolzuur en water verbruikt. Het stikstofgehalte daarentegen verandert niet, het is in de kiemplanten nog even groot als in de zaden.

Wanneer wij koolstof verbranden, m. a. w. haar onder opneming van zuurstof in koolzuur veranderen, zoo ontstaat daarbij warmte. Eveneens levert de verbranding van waterstof tot water warmte, en met de organische stoffen, die deze beide elementen in groote hoeveelheden bezitten, vindt juist hetzelfde plaats. Wij mogen dus vermoeden, dat de verbinding van de bouwstoffen van het plantenlichaam met zuurstof, tot koolzuur en water, eveneens gepaard gaat met het ontstaan van warmte. Een uitstekend voorwerp om ons van de juistheid van dit vermoeden te overtuigen, levert de bloeikolf der Aronskelken. Deze planten, waarvan een paar soorten bij ons in het wild voorkomen (fig. 2), en enkele bij ons gekweekt worden (vooral de witte Aronskelk, *Richardia aethiopica*) bloeien met zeer kleine bloemen, die in groot aantal en dicht naast elkander op een vleezige spil gezeten zijn. Meestal is slechts het onderste gedeelte van de spil met bloemen bezet. Deze spil is omgeven door een zeer groot schutblad, de zogenoemde bloemscheede, dat bij de meest gewone gekweekte soort geheel wit is, en dikwijls voor de bloem wordt aangezien. De ontwikkeling van de bloemen en hare onderdeelen vereischt een aanzienlijke stofwisseling; belangrijke hoeveelheden zuurstof worden tegenover evengroote hoeveelheden koolzuur uitgewisseld; daarbij wordt natuurlijk veel voedsel verbruikt. De warmte, die daarbij ontstaat, kan zich nu wel aan de omringende lucht mededeelen, doch deze wordt door de

bloemscheede omsloten, en zoodoende is het verlies van warmte slechts gering. Een rijke bron en een geringe kans op verlies maken dus dat de ontstane warmte, zoo ergens in het plantenrijk, vooral hier moet kunnen aangetoond worden. Dit is dan ook werkelijk het geval.

Men behoeft slechts den bol van een thermometer naast de bloeikolf in de bloemscheede te steken, om zich daarvan te overtuigen. Zulk een thermometer wijst een veel hogere temperatuur aan dan die van de buitenlucht; bij den gewonen, bij ons in bosschen niet zeldzamen kalfsvoet kan dit verschil tot 7° C. stijgen; bij buitenlandsche soorten werd niet zelden een temperatuur waargenomen die 10° — 20° hooger was dan die der omgeving. Vooral tijdens het opengaan der meeldraden en het rijp worden der stempels klimt dit verschil in temperatuur tot de genoemde aanzienlijke waarden.

Een ander voorbeeld van het ontstaan van veel warmte tengevolge der stofwisseling, leveren kiemende zaden. Laat men zaden zich gedurende eenigen tijd met water vol zuigen, en plaatst men ze dan in een glas bij elkander, doch zóó, dat de lucht ook tot de onderste doordringen kan, zoo beginnen zij, onder gunstige omstandigheden, weldra te ontkiemen. Steekt men nu den bol van een thermometer tusschen deze zaden, zoo ziet men het kwik in de buis stijgen. Een verschil van temperatuur met die der

Fig. 2.

Bloemscheede en bloeikolf van den Kalfsvoet (*Arum maculatum*).

omgeving van 2—5° C. werd niet zelden bij zoodanige proeven waargenomen. Trouwens de ontwikkeling van warmte is een bekend verschijnsel bij het kiemen van gerstekorrels, dat in bierbrouwerijen in het groot plaats vindt voor het verkrijgen van mout.

Kiemende zaden en zich openende bloemen zijn de beste voorbeelden voor de ontwikkeling van warmte in planten bij de stofwisseling. Doch ook andere plantendeelen kunnen voor deze proeven gebruikt worden. Hoe sneller de stofwisseling in hen is, m. a. w. hoe meer zuurstof zij in gelijken tijd opnemen en in koolzuur omzetten, des te aanzienlijker zal natuurlijk de voortbrenging van warmte zijn.

Uit het over stofwisseling en ademhaling gezegde blijkt, dat toevoer van zuurstof en afvoer van koolzuur twee voorwaarden voor de goede ontwikkeling van eene plant zijn. En niet alleen geldt dit voor geheele planten, maar ook voor elk onderdeel in het bijzonder. Bij gekweekte planten is voor den stengel en de bladen, in één woord voor de in de lucht uitgespreide deelen, aan deze voorwaarden wel steeds voldaan, en behoeft men slechts een al te nauwgezette afsluiting van in kamers en kassen gekweekte planten te vermijden, of door voldoende verlichting de ontwikkeling van zuurstof door de bladen te bevorderen, om de planten goed te doen gedijen.

De wortels en al die deelen, die zich onder den grond ontwikkelen, maken echter op eenige meerdere zorgen aanspraak, en wij willen hier nog eenige oogenblikken stilstaan bij de wijze, waarop men in land- en tuinbouw zorg draagt, dat hun de noodige zuurstof niet ontbreke. Wij beperken ons daarbij tot de wortels van landplanten; wortels die zich in het water ontwikkelen ontleenen de zuurstof daaraan, of ook aan die deelen der plant welke rechtstreeks met de lucht in aanraking zijn.

De voornaamste bewerkingen, welke de grond ondergaat, om de lucht toegang te verleen tot in de diepste lagen, waarin nog plantenwortels doordringen, zijn het omspitten en het omploegen. Het doel van deze bewerkingen is de vast aaneengedrukte deelen, waaruit de bouwaarde bestaat, los te maken, en zoodoende tusschen deze overal fijne tusschenruimten te doen ontstaan. In deze kan de lucht indringen, door deze

loopt na regens het overtollige water spoedig naar den ondergrond af, en laat den tijdelijk afgesloten weg weer voor nieuwe lucht open. Daarenboven dient het losmaken van den grond door omspitten en omploegen nog voor de gelijkmatige verspreiding van de in den bodem bevatte meststoffen, voor het vernietigen van het onkruid, en om den weerstand, dien de grond aan de zich daarin ontwikkelende wortels biedt, geringer te maken. Doch al deze zaken kunnen tegenover de zorg voor de ademhaling slechts in de tweede plaats genoemd worden. Een verder middel tot verbetering van het doordringen van de lucht in den bodem is het draineeren. Dit wordt in den landbouw steeds toegepast, waar de grond met stilstaand water zoodanig is doortrokken, dat dit het toetreden van de lucht zou beletten of vertragen. Waar bijvoorbeeld de ondergrond voor water ondoordringbaar is, of de omliggende landerijen hooger liggen en dus het water van alle zijden toevloeit, daar moet het land gedraineerd worden. De bewerking bestaat daarin, dat op een diepte van eenige decimeters tot een meter buizen van gebakken steen zoodanig geplaatst worden, dat hare uiteinden telkens aan elkander sluiten en zij dus te zamen één lange buis vormen. Van zulke lange buizen legt men er een aantal naast elkander, en wel des te dichter naast elkander, naarmate een grotere hoeveelheid water moet afgevoerd woren. De buizen liggen een weinig hellend en loopen uit in een greppel, die het water wegvoert. Het overtollige water in den grond dringt door den poreuzen wand der draineerbuisen in deze binnen, en kan hier terstond naar de lager gelegen greppel wegvloeien. In de door het water verlaten ruimten van den bodem dringt de lucht binnen en levert daardoor de noodige zuurstof aan de wortels. Onder de verschillende gevolgen der draineering is dit ongetwijfeld het belangrijkste.

Iedereen weet, dat onze bloempotten steeds uit poreuze gebakken steen bestaan, en nooit verglaasd zijn. Even algemeen weet men, dat zich in den bodem van deze potten steeds één of meer openingen bevinden. Minder algemeen is het bekend, dat deze beide eigenschappen de bevordering der ademhaling door de wortels ten doel hebben. Gaan wij eerst het laatste punt na.

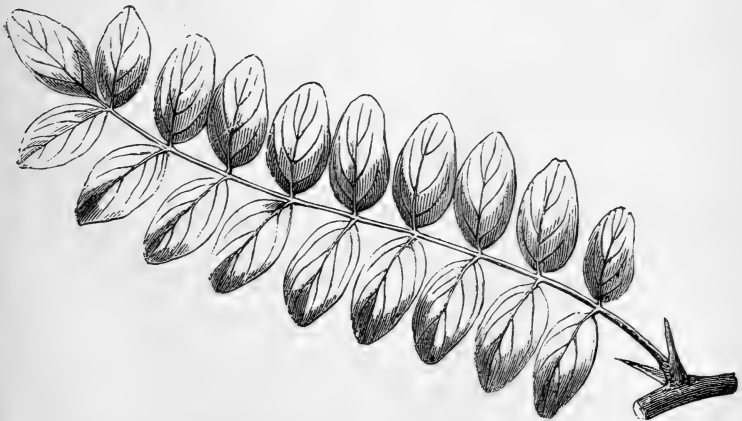
Het is bij het kweken van planten in potten steeds een moeilijke vraag, hoe sterk zij behooren begoten te worden. Veel water is schadelijk, te weinig doet de bladen verleppeu, of de plant zal zich kommerlijk ontwikkelen. De meeste potplanten worden slechts van tijd tot tijd begoten, en krijgen dan in eens vrij groote hoeveelheden water. Het hindert daarbij weinig, hoeveel men op den pot giet, het overtollige water loopt toch door de gaatjes in den bodem weg. Sluit men deze openingen en giet dan zooveel water in den pot als de aarde bevatten kan, dan is natuurlijk alle lucht uit de aarde verdreven en door water vervangen. Eenige oogeblikken schaaft deze toestand niet, doch op den duur zouden de wortels onder deze omstandigheden sterven en verrotten. Maakt men de gesloten openingen weer open, zoo loopt een groote hoeveelheid water onder uit den bloempot. Zooveel water als er van onderen uitloopt, zooveel lucht dringt er natuurlijk van boven in de aarde in. Het door de aarde teruggehouden water wordt door de wortels opgezogen, en verdampt in de bladen; het maakt dus weer plaats vrij voor het indringen van een nieuwe hoeveelheid lucht. Vandaar dat men slechts van tijd tot tijd begiet en zorgt, dat het toegevoegde water slechts even toereikende is om het verlies door verdamping en door andere oorzaken te herstellen. Al het water dat meer in den pot aanwezig is belemmert de toetreding van de lucht tot de wortels, en werkt dus nadeelig op de ademhaling.

De poreuze wanden der bloempotten laten de buitenlucht toe in den pot te dringen, en veroorloven de lucht tusschen de aarddeelen naar buiten te treden om zich met de omgevende lucht te vermengen. Daar nu tengevolge van de ademhaling de lucht in den pot steeds meer koolzuur en minder zuurstof bevat, dan die van de omgeving, zal een dergelijke wisselwerking steeds in het voordeel van de wortels zijn. Staan de potten in kamers, of in den tuin doch boven den rond, zoo verdampt aan hare oppervlakte steeds water, dat daardoor de uitdroging der aarde, en dus het binnendringen der lucht helpt bevorderen.

DE BOUW EN DE VERRICHTINGEN DER BLADEN.

Vergelijkt men de bladen van verschillende planten met elkander, zoo valt ons terstond een groote verscheidenheid van vormen in het oog. Sommige bladen bestaan uit een enkel

Fig. 3.



Samengesteld blad der gewone Acacia (*Robinia Pseud-Acacia*).

stuk, andere uit een aantal kleine blaadjes, die aan denzelfden steel zijn vastgehecht, en die nu eens allen op den top van dien steel geplaatst zijn, zooals bij de gewone paarden-

kastanje, dan weer min of meer regelmatig langs den geheelen steel verspreid zijn. Van dit laatste geval leveren ons o. a. de gewone acacia's een voorbeeld, welbekende boomen, die in het voorjaar met groote hangende trossen van witte, aangenaam riekende bloemen bloeien. Men noemt de afzonderlijke blaadjes van zulk een blad bladschijven, en het geheele blad samengesteld. De bladschijven kunnen zelve weer zeer verschillende gedaanten bezitten, die vooral bij die bladen het meest uitéén wijken, welke slechts van één bladschijf voorzien zijn. Tusschen

Fig. 4.

Gedeeld blad van den Wonderboom (*Ricinus communis*).

de lintvormige bladen van het riet en de cirkelronde bladen der Oost-Indische kers vindt men een volledige reeks van tusschenvormen, waarvan de voornaamste in de plantkunde met bijzondere namen bestempeld worden. Zoo heeft men o. a. elliptische bladen bij den beuk, eironde bladen bij de fransche sering, lancetvormige bladen bij den oleander. Let men verder op den rand, zoo wordt het aantal vormen nog veel aanzienlijker. Vele bladen toch vertoonen langs den geheelen rand tandjes,

die soms in scherpe punten uitloopen, en soms van een ronden top voorzien zijn. Andere bladen bezitten diepere insnijdingen, wier richtingen bij den Wonderboom allen naar één punt gaan, namelijk dat, waar de bladsteel aan de bladschijf is vastgehecht. Bij de bladen van den eik daarentegen loopen deze insnijdingen van den rand naar verschillende punten van de middennerf, echter zonder deze te bereiken. Wenden wij ons oog naar den top of den voet van het blad, naar de wijze van vasthechting aan den stengel, of gaan wij de verspreiding der bladen langs dezen na, overal vinden wij, zelfs bij de meest gewone tuinplanten, zoo geheel uitéénloopende eigenschappen, dat aan de behandeling van deze een geheel hoofdstuk zou kunnen gewijd worden.

Bij al deze verscheidenheid zijn er echter zekere punten, waarin alle, of ten minste verreweg de meeste bladen met elkander overeenkomen. Het is op deze, dat wij thans onze aandacht vooral moeten vestigen, daar de rol, die de bladen in het leven der planten spelen, voor allen dezelfde is, en dus de aan allen gemeenschappelijke eigenschappen voor de verrichtingen der bladen de belangrijkste zijn. Reeds een oppervlakkige beschouwing leert ons de aderen of nerven kennen, welke over het geheele blad verspreid zijn. Vooral aan de onderzijde zien wij ze duidelijk, daar zij hier meestal verheven lijnen vormen. Tegelijk zien wij dat hunne kleur lichter groen is, dan die van de tusschengelegen deelen. Deze laatste zijn meer sappig, waarom men hen bladmoes genoemd heeft, in tegenstelling van de taaiere, minder vocht bevattende nerven. Een nauwkeuriger beschouwing toont ons, dat de verschillende grootere en kleinere takken der aderen in elkander uitloopen

Fig. 5.

Vinnervig blad van een yp
(*Ulmus campestris*).

en een gesloten netwerk vormen, welks mazen door het bladmoes zijn aangevuld (fig. 6). Bij de bladen van den meloen kan men dit zeer goed waarnemen; bij andere bladen valt het eerst dan duidelijk in het oog, wanneer men van deze een zoogenoemd skelet beschouwd. Hieronder verstaat men een blad, waarvan het bladmoes verwijderd is en dus alleen de nerven en aderen nog overgebleven zijn. In het voorjaar vindt men onder de dorre bladeren op den grond in bosschen dik-

Fig. 6.

Handnervig blad van den meloen (*Cucumis Melo*).

wijls zulke skeletten. Vooral de bladen van den ratelpopulier worden in dezen toestand aangetroffen. De in het najaar afgevallen bladen verrotten en vergaan, gelijk bekend is, langzamerhand, daar zij bij regenachtig weer vocht opnemen en daarbij steeds aan de inwerking der lucht zijn blootgesteld. Daar nu de nerven aan de verrotting en het vergaan meer weerstand bieden dan het bladmoes, verdwijnt dit laatste het eerst en blijft dus het skelet over. Op den duur zal echter

ook dit vergaan, en zodoende medehelpen tot de vorming der bladaarde, die den bodem onzer bosschen bedekt. De in de natuur ontstane skeletten zijn echter zelden geheel volledig, doch meestal min of meer beschadigd. Volkomen gave kan men door kunst maken, door n.l. het in de natuur waargenomen proces na te bootsen. De fijnste bladskelletten verkrijgt men door zeer langzaam vergaan van het bladmoes, b.v. bij lang liggen in lauwwarm water. Als een geschikte gelegenheid hiertoe wordt het water in warme kassen aanbevolen. Men behoeft hier slechts van tijd tot tijd den voortgang der verrotting na te gaan, om de bladen op het juiste oogenblik, dus nadat het bladmoes geheel vergaan is, maar vóór dat de nerven worden aangetast, uit het water te nemen en te drogen. Een meer gebruikelijke methode tot het maken van deze skeletten is de volgende, bij welke de fijnste takjes der nerven echter verloren gaan. Men droogt de bladen tusschen papier totdat zij stijf en min of meer bros geworden zijn, legt ze dan op een dubbel gevouwen doek, en klopt nu voorzichtig met een borstel op het blad. De haren van den borstel dringen in het blad in, en maken het bladmoes als een fijn poeder los van de nerven. In een half uur kan men op deze wijze van een eikenblad een skelet maken; grootere bladen, of bladen met een fijner net van aderen vereischen natuurlijk meer tijd.

Deze bladskelletten zijn zeer geschikt om ons den loop der nerven in het blad te leeren kennen, doch ook gave bladen kunnen hiertoe dienst doen. Men onderscheidt de hoofdnerven en de zijnerven. In het blad van den meloen (fig. 6) en dat van den wonderboom (fig. 4) ziet men de hoofdnerven allen uit één punt ontspringen en naar verschillende zijden van het blad loopen. Zulke bladen heeten handnervig. Het punt, waar de nerven samenkomen, is de voet van de bladschijf, waar deze aan den steel bevestigd is; de middelste nerf vormt als het ware een voortzetting van den steel in de schijf, terwijl de zijnerven zich als zijne takken voordoen. Bij het lelietje der dalen ontspringen ook wel een aantal nerven uit den voet van het blad, doch deze loopen allen naar den top, om daar weer te zamen te komen. Daarbij volgen de buitenste den

bladrand, en maken dus een bocht, die aanleiding gegeven heeft tot den naam van kromnervig, waarmede men deze bladen aanwijst. Helt de bladschijf meer naar het lintvormige over, zoo worden de zich aan den top vereenigende nerven meer of minder recht; van zulke rechtnervige bladen leveren ons de

Fig. 7.



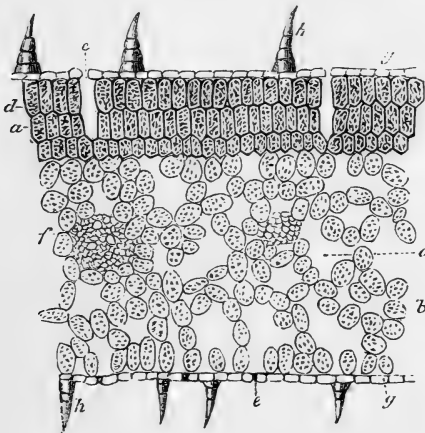
Hazelaarsblad, door mijnrupsen beschadigd.

grassen voorbeelden. Eindelijk zijn er nog bladen, die slechts één enkele hoofdnerf bezitten (fig. 5), welke zijdelings hare takken afgeeft. Men noemt deze soort vinnervig. Hoe in al deze gevallen de loop der nerven ook zij, altijd is deze zoodanig, dat elk punt van het blad langs een betrekkelijk kor-

ten weg door de nerven verbonden is met den voet van de bladschijf, dus met den bladsteel, en door dezen weer met den stengel of den tak, die het blad draagt. Op deze eigenschap komen wij terug, wanneer wij de rol, die de nerven bij de verrichtingen van het blad spelen, zullen moeten behandelen.

Behalve de nerven en het bladmoes bezitten de bladen eene opperhuid, die ze van alle zijden omgeeft en belet, dat het vochtige bladmoes door verdamping geheel zou uitdrogen. Deze

Fig. 8.



Ddoorsnede van een zeer klein gedeelte van het blad eener Kalebas
(Cucurbita Pepo.)

opperhuid is een uiterst dun, doorschijnend vliesje, dat de groene kleur van het bladgroen mist. Van sommige bladen, b. v. die van de tulp en de hyacint, kan men het gemakkelijk afscheuren, bij vinnervige en handnervige bladen gelukt het in den regel slechts zeer kleine stukjes er van af te zonderen.

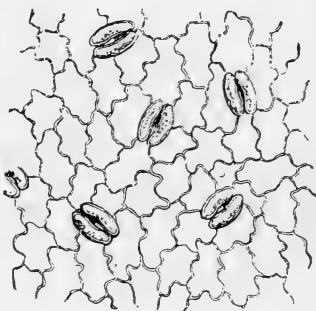
Bij bladen, wier bladmoes plaatselijk geheel door de larven van sommige soorten van motjes, de zoogenaamde mijnrupsen, is weggevreten, kan men de opperhuid gemakkelijk waar-

nemen. In hazelaarsbladen (fig. 7) ziet men niet zelken witte, onregelmatig gebogen strepen; dit zijn de gangen der mijnrupsen, die het bladmoes als voedsel gebruikt hebben, en slechts de opperhuid hebben overgelaten. Bij eikebladen is door zulke mijnrupsen dikwijls het bladmoes over meer dan de helft van de bladschijf opgegeten, en slechts de opperhuid als een dun vliesje overgebleven.

De nerven, het bladmoes en de opperhuid, die naar het voorgaande te zamen het blad uitmaken, zijn echter geenszins enkelvoudige deelen, doch bestaan elk weder uit een groot aantal kleine organen, tot wier beschouwing het noodig is van een microscoop gebruik te maken. Om den microscopischen bouw van het blad te leeren kennen, snijden wij met een zeer scherp mes een blad dwars door en snijden dan op de snijvlakte een dun laagje van het blad af. Een stukje van zulk een praeparaat vertoont ons fig. 8, bij sterke vergrooing gezien. Men herkent gemakkelijk de opperhuid der beide zijden, daar zij de bovenste en onderste grens der figuur vormt. Daartusschen ligt het bladmoes, waarin onze figuur de doorsnede van twee nerven vertoont. Zoowel de opperhuid als het bladmoes bestaan uit een aantal kleine organen, wier grenzen duidelijk waarneembaar zijn. Deze organen heeten cellen. Het zijn blaasjes, voorzien van een min of meer vliezigen wand en een deels slijmerigen, deels vloeibaren inhoud. In de opperhuidcellen is deze inhoud helder en meestal ongekleurd: in de cellen van het bladmoes is hij min of meer korrelig, doch eveneens ongekleurd. In deze ongekleurde massa liggen echter een aantal grootere korrels van een groene kleur. Dit zijn de bladgroenkorrels; aan deze heeft het blad zijn groene kleur te danken. De verdere beschouwing onzer doorsnede leert ons, dat het bladmoes aan de bovenzijde uit langwerpige, regelmatig naast elkander geplaatste cellen bestaat, die dicht aaneensluiten; aan de onderzijde zijn de cellen meer onregelmatig van vorm en ligging, waardoor groote ruimten tusschen haar open blijven. Deze tusschencellige ruimten zijn steeds gevuld met lucht, die door middel van kleine openingen in de opperhuid met de buitenlucht in gemeenschap staat. Om deze openingen te kunnen zien, nemen

wij met een mes een fijn schilfertje opperhuid van een blad, liefst van de onderzijde (fig. 9). Tusschen de onregelmatig gevormde opperhuidscellen liggen paarsgewijze kleinere cellen, wier vorm het best met dien van een witte boon kan worden vergeleken. In elk paar liggen de beide cellen met den hollen kant tegen elkander aan, zoodat er een kleine opening overblijft. Deze opening heet het huidmondje; de beide cellen dragen den naam van sluitcellen,

Fig. 9



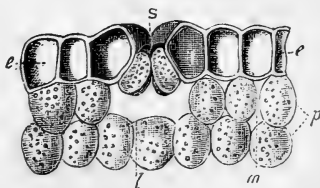
Opperhuid van een blad met de huidmondjes.

daar zij, gelijk wij later zullen zien, de opening onder bepaalde omstandigheden kunnen sluiten. Aan de binnenzijde van de huidmondjes treft men in den regel niet terstond de cellen van het bladmoes aan, doch eerst een tusschencellige ruimte, die den naam van luchtboezem voert. Overeenkomstig daarmede is vooral de onderzijde der bladen rijk aan huidmondjes, terwijl deze op de

bovenzijde van vele bladen zelfs geheel ontbreken. Snijdt men een blad dwars door op een plaats waar een huidmondje gelegen is, zoo kan men dezen luchtboezem duidelijk waarne-

men. Fig. 10 vertoont ons een zoodanig praeparaat. De boonvormige sluitcellen zijn op de doorsnede natuurlijk rond, en aan haar korreligen inhoud herkenbaar; het huidmondje is in gesloten toestand afgebeeld, zoodat de beide sluitcellen (*s*) elkander aanraken; in deze neemt men bladgroenkorrels waar. Terwijl de vorm der huidmondjes bij verreweg de meeste planten dezelfde is, is hunne verspreiding aan veel variatie onder-

Fig. 10.

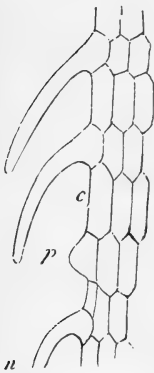


Dwarsche snede door een blad; *s* huidmondje. *e* opperhuid, *p* cellen van het bladmoes, *m* tusschencellige ruimten, *l* luchtboezem.

dezelfde is, is hunne verspreiding aan veel variatie onder-

worpen. In den regel zijn zij gelijkmatig over de opperhuid verspreid, soms tot kleinere of grootere groepen vereenigd, welke niet zelden in diepten der opperhuid zijn weggescholen. Soms is de opperhuid aan beide zijden van het blad even rijk aan huidmondjes, meestal echter, gelijk wij zagen, vertoont de onderzijde er meer dan de bovenzijde. Het omgekeerde is het geval bij die waterplanten, wier bladen op de oppervlakte van het water drijven; deze bezitten alleen aan de bovenzijde huidmondjes, daar de onderzijde niet met de lucht, doch steeds met het water in aanraking is. Behalve de huidmondjes bezit de opperhuid van vele bladen haren, die nu eens groot zijn en elk afzonderlijk gezien kunnen worden, zooals bij de klaprozen, dan eens tot een fijn vilt zijn saamgeweven, dat een zijde- of fluweelachtig uiterlijk aan het blad geeft. De zilverwitte kleur

Fig. 11.



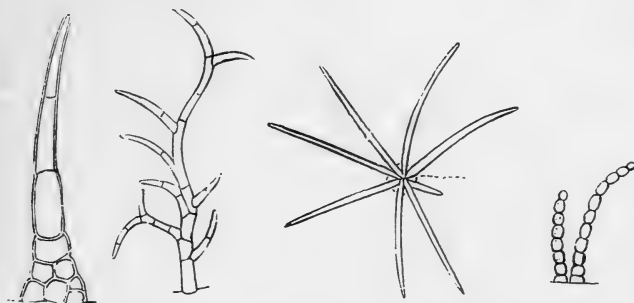
Opperhuid van meekrap (*Rubia tinctorum*); *p* tot haren verlengde opperhuidscellen, *c* overige opperhuidscellen.

der onderzijde van vele bladen, b. v. van den abeel en de framboos, is uitsluitend aan zulke dicht ineengeweven haren toe te schrijven. Soms doet een haar zich, onder het microscoop gezien, voor als een enkele cel der opperhuid, die als het ware buisvormig uitgegroeid is (fig. 11); bij andere planten bestaan de haren uit een groot aantal cellen, en zijn zij dikwijls op zeer regelmatige wijze vertakt (fig. 12). De haren van menig blad behooren tot de fraaiste voorwerpen; die men onder het microscoop kan aanschouwen.

De cellen, waaruit de nerven van het blad bestaan, hebben over het algemeen een buisvormige gedaante. Zij liggen, met haar langste assen evenwijdig, dicht tegen elkander aan en vormen daardoor als het ware stevige draden. Vele dezer cellen zijn cilindrisch van vorm en aan beide uiteinden gesloten, en bevatten een vloeibaren inhoud; andere daarentegen zijn in lange reeksen geplaatst en hebben hare dwarsche wanden verloren, zoodat zij met elkander tot een enkele buis versmolten

zijn. Deze buizen bevatten steeds lucht, en daarenboven veelal hier en daar water. Zulke buizen heeten vaten en worden verdeeld in spiraalvaten en ringvaten, al naar gelang van de tekening van haar wand, die nu eens afzonderlijke ringen, dan

Fig. 12.



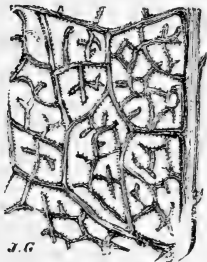
Verschillende vormen van veelcellige haren.

weder een doorlopenden spiraaldraad vertoont. Zulk een spiraaldraad is dikker dan de overige wand van het vat; daardoor scheurt de wand gemakkelijker tusschen de windingen van de spiraal, dan de draad breekt. Ten gevolge van deze eigenschap kan men den spiraaldraad afwinden en ook zonder behulp van een microscoop zichtbaar maken. Men breekt daartoe b. v. een groen blad van een hyacint, of een bloemblad van een fuchsia voorzichtig door, en verwijdert de beide stukken langzaam van elkander. Men ziet dan, dat zij door een aantal fijne draden met elkander verbonden blijven, die zich min of meer duidelijk spiraalswijze oprollen, zoodra men de beide stukken weer tot elkander doet naderen. Deze draden zijn de afgerolde spiralen der spiraalvaten.

Waar een nerf een zijtak afgeeft, geschiedt dit door splitting in twee deelen; een aantal der vaten en der reeksen van cilindrische cellen verandert van richting om den zijtak te vormen, de overige blijven de oude richting behouden. De vaten zelve vertakken zich daarbij echter in den regel niet. Wij hebben reeds gezien dat de fijne takken der nerven weder

in elkander samenvloeiën en daardoor een gesloten netwerk vormen. Dit moet echter niet zoo opgevat worden, alsof daardoor de uiteinden der fijne takken geheel te zamen smelten. Integendeel buigt zich in iedere maze van het net een zeer fijn takje af, om blind in het midden der maze te eindigen (fig. 13).

Fig. 13.



Fijnste uiteinden der nerven van het blad van den Laurierkers (*Prunus Laurocerasus*).

Het bestaat slechts uit een enkele celreeks, waarvan de top dikwijls opgezwollen is. Daardoor wordt de gemeenschap van alle deelen van het bladmoes met de nerven een zeer volledige.

Ik beweer niet, dat op alle bladen zonder uitzondering de hier gegeven beschrijving toepasselijk is. Er worden uitzonderingen aangetroffen, doch slechts in klein getal. Vele bladen daarentegen bezitten, behalve de hier besprokene, nog andere organen of cellen, van welke de kliertjes met welriekende oliën als voorbeeld mogen dienen. Over al deze bijzondere gevallen te spreken is echter

voor ons doel, de kennis van de verrichtingen van het blad, overbodig te achten, en zoo keeren wij ons liever terstond tot de stof, die van nu af steeds op den voorgrond van onze beschouwingen zal moeten staan: het bladgroen.

Bijna zonder uitzondering bezitten de bladen van alle planten een groene kleur. Deze algemeenheid is zoo groot, dat wij reeds daardoor in de overtuiging moeten geraken, dat deze eigenschap in het leven der planten een belangrijke rol speelt. Vandaar dat reeds sinds lange tijden groene bladen het voorwerp van talrijke onderzoekingen uitgemaakt hebben, en dat zelfs nu nog vele natuuronderzoekers zich bezig houden, hetzij met de studie der groene kleurstof als zoodanig, hetzij met de nauwkeurige bepaling van de verrichtingen, welke de van bladgroen voorziene cellen onder allerlei omstandigheden volbrengen. Het moge hier reeds voorloopig opgemerkt worden, dat werkelijk de rol der groene plantendeelen voor het leven der planten van het uiterste gewicht is, daar in de blad-

groenkorrels het voornaamste gedeelte van de voeding der plant plaats vindt. Zij toch zijn het, die uit bepaalde, door de plant uit de buitenwereld opgenomen stoffen, de bouwstoffen voor het plantenlichaam bereiden.

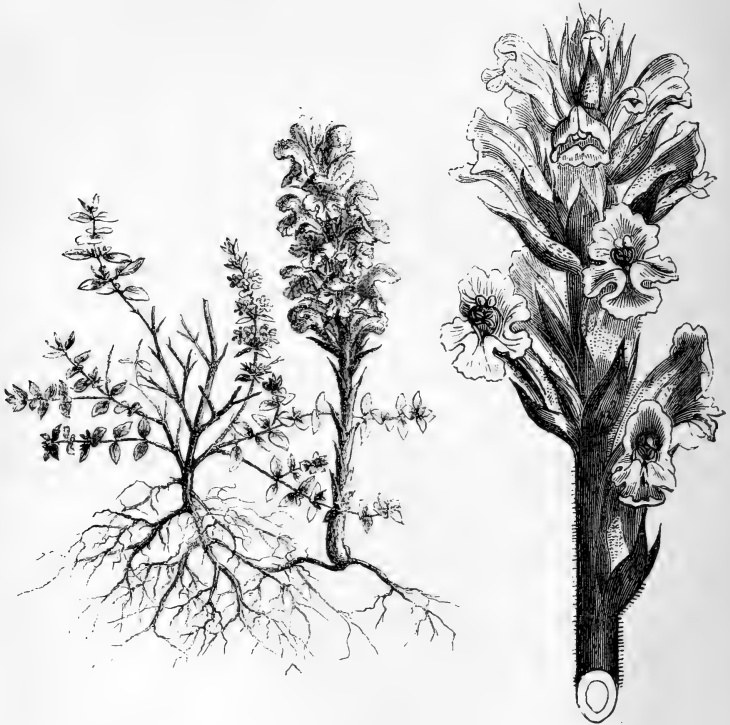
Als inderdaad aan de groene kleurstof een zoo belangrijke werking is opgedragen; en een normale voeding zonder haar niet mogelijk is, hoe voeden zich dan al die planten, die, zooals de bruine beuk en de zwarte hazelaar, ons in haar bladen een roode of bruinachtige tint vertoonen? In deze toch schijnt de groene kleurstof te ontbreken. Doch schijn bedriegt, en in werkelijkheid bezitten deze planten evengoed bladgroen als andere, die het ons reeds op het eerste gezicht vertoonen. Elke microscopische doorsnede van zulk een blad kan ons dit leeren; in den regel is zelfs de bruine of roode kleurstof in andere cellen bevat dan het bladgroen, en niet zelden zijn het juist de opperhuidscellen, die toch in den regel geen bladgroen bevatten, welke inhoud de vreemde kleurstof in oplossing houdt. Deze roode of bruine kleurstof is den regel oplosbaar in water, een eigenschap die het bladgroen mist. Hiervan kan men gebruik maken om de aanwezigheid der groene kleurstof in bruine bladen op een gemakkelijke wijze aan te toonen. Houdt men de zwartbruine bladen van den zwarten hazelaar gedurende eenigen tijd in een niet te geringe hoeveelheid kokend water, zoo zijn zij geheel groen, als men ze er weder uitneemt. Het kokende water doodde de cellen en nam daaruit de bruine kleurstof op. Zulke uitgekookte bladen zijn van die van den gewonen hazelaar ter nauwernood meer te onderscheiden. Eenigzins anders dan met de groene kleurstof van bruine bladen, is het met die van bonte bladen gesteld. Iedereen kent de bonte planten, met haar lichtgele en groene vlekken, die tegenwoordig in zoo grooten getale in onze tuinen en parken gekweekt worden. In de gele vlekken ontbreekt het bladgroen, of is het slechts in zeer geringe mate aanwezig, zoodat de zorg voor de voeding geheel aan de groene gedeelten is opgedragen. Soms schijnen zulke bladen geheel vrij van bladgroen te zijn, iets wat aan enkele takken van bonte planten, b. v. van paardenkastanjes en geraniums, van tijd tot tijd wordt waargenomen. Een nauw-

keurig onderzoek toont echter ook hier steeds nog geringe hoeveelheden bladgroen aan.

Er bestaan echter ook nog eenige planten, in welke noch

Fig. 14.

Fig. 15.



Bremraap (Orobanche) op een wortel van thym (Thymus Serpyllum) groeiende.

Een bloeiende stengel van bremraap (Orobanche).

het microscopisch onderzoek, noch eenige andere methode bladgroen heeft doen vinden. Zij kunnen, hoe verschillend ook hare bloemen en vruchten, ja haar geheele uiterlijk zijn moge, tot twee afdeelingen gebracht worden. De eene omvat

de woekerplanten, de andere eenige soorten, die op rottende organische stoffen, b. v. afgevallen bladen, leven. Van beide groepen komen soorten in het wild in ons vaderland voor. Een voorbeeld van de eersten leveren de bremrapen (fig. 14 en fig. 15). Het zijn lage bleekgele planten, met een niet of zeer weinig vertakten stengel, die in plaats van bladen slechts kleine bruine schubben vertoont, en naar boven de ongesteelde, eveneens bleekgele, soms ook vleeschkleurige bloemen draagt. In den grond zijn bevestigd door een kleinen wortelstok en een aantal wortelvezels, van welke steeds eenigen vergroeid zijn met de wortels eener tot een ander geslacht behoorende plant. Krachtens deze innige vergroeiing putten de bremrapen het grootste gedeelte van haar voedsel uit de plant, op welke zij woekeren, en ontwikkelen zich dus ten koste van deze. De door den parasiet aangevallen en half uitgezogen exemplaren hebben dan ook meestal een zeer kwijnend uiterlijk, en niet zelden gebeurt het, dat hun de krachten ontbreken om bloemen en zaden te ontwikkelen. Elke soort van bremraap woekert op bepaalde soorten van andere gewassen; sommige op door den mensch gekweekte planten, als klaver en hop. Op klaverlanden kan door dit schadelijke onkruid dikwijls een groot gedeelte van den oogst verloren gaan. Een ander voorbeeld van een bladgroenloozen parasiet vindt men in fig. 16 voorgesteld. Het zijn de windsels of het warkruid, planten, die geheel uit lange dunne draden bestaan, welke zich spiraalsgewijze om andere planten slingeren, en zich als een netwerk tusschen deze uitbreiden. Hunne kleine, wite of lichtroode bloempjes zijn tot kogelronde groepjes vereenigd. Bladen ontbreken aan de windsels geheel. Een soort van dit geslacht is op onze heiden zeer algemeen, andere soorten komen op klaver- en vlasvelden voor, en vernielen daar de planten, welke zij aanvallen, zóó geheel, dat zij als het meest gevaarlijke van alle onkruiden voor deze gewassen beschouwd worden. Soms ziet men op klavervelden reeds op grooten afstand roode plekken van één of meer quadratemeters oppervlakte: het is warkruid, dat in dicht weefsel het gewas bedekt, dat zijne beste sappen aan den parasiet moet afstaan, en zich zelf slechts zeer kommerlijk ontwikkelen kan.

Het stofzaad is een klein plantje, dat in eikenbosschen bij ons niet zeldzaam is, en in uiterlijk zeer veel op een bremraap

Fig. 16.



Windzels (*Cuscuta*) op Luzerne woekerend. SS zuigwortels.

gelijkt. Men onderscheidt het van deze gemakkelijk aan den overhangenden bloeitop en de regelmatige buisvormige bloemen. Het is geen woekerplant; de zorgvuldigste uitgraving zoowel van jonge als van oude individu's doet nooit eenigen samenhang met levende delen van andere planten kennen. Het leeft tusschen afgevallen bladen, en put uit deze dat gedeelte van zijn voedsel, dat andere planten zich zelve door haar groene kleurstof kunnen bereiden. Men pleegt zulke planten afvalplanten te noemen.

Het gemis van de groene kleurstof noodzaakt dus de planter haar organisch voedsel aan andere organismen te ontleenen,

hetzij zij deze in levenden toestand aanvallen, hetzij zij uit hare afgevallen deelen de geringe hoeveelheden voedsel trachten te verzamelen, die daarin steeds nog aanwezig zijn. Onder de lagere planten leveren ons de paddestoelen, roestzwammen en schimmels talrijke voorbeelden van deze beide gevallen, daar zij geen van allen bladgroen bezitten, en dus allen hun organisch voedsel als zoodanig in de natuur moeten aantreffen.

Onder bepaalde omstandigheden kunnen gewone groene planten stengels of takken maken, die geheel vrij van bladgroen zijn, en in uiterlijk zeer nauw met de zoo even besproken woeker- en afvalplanten overeenkomen. Iedereen kent de lange, bleekgele loten, die aardappels niet zelden in donkere kelders voortbrengen. Zij ontstaan zoowel in volkomen duisternis, als bij toetreding van zeer weinig licht. Hare leden zijn bovenmatig lang en dun, hare bladen uiterst klein of onontwikkeld. Bladgroen bezitten zij niet. Brengt men ze bij tijds in het licht, zoo kleuren zij zich aldaar groen; zijn zij echter te oud, zoo geschiedt dit niet meer of slechts zeer onvolkomen. De stengels van gewone aardappelplanten zijn groen, evenals hare bladen. Graaft men echter de geheele plant uit den grond, zoo ziet men dat de in de aarde verborgen stengeldeelen niet groen, doch bleekgeel zijn. Ook deze kunnen aan het licht weer groen worden. Uit deze waarnemingen volgt, dat de groene kleurstof niet ontstaat, zoolang plantendeelen in het donker groeien, doch dat tot haar ontstaan de medewerking van het licht noodig is. Talrijke andere voorbeelden zouden hiervan aangehaald kunnen worden. Zoo moeten de koppen der asperges bedekt worden, zoo zij boven den grond komen, en blijft de molsla slechts bleek en sappig, wanneer zij zich in over de planten geworpen hoopen losse aarde ontwikkelt.

Het is wellicht niet geheel zonder belang, hier even mede te deelen, dat de groene kleurstof gemakkelijk uit plantendeelen kan worden afgezonderd. De beste methode is, dat men de groene bladen in water uitkookt, ze dan goed uitperst, of ook wel uitdroogt, en daarna in alcohol brengt. Deze vloeistof neemt daardoor een donkergroene kleur aan, welke bij bewaring in het donker langen tijd goed kan blijven, aan het

licht echter zeer spoedig verdwijnt. Een merkwaardige eigenschap toont deze bladgroen-oplossing, wanneer men daarin door middel van een brandglas een kegel van zonnestrallen doet vallen. Dat gedeelte toch, dat door deze stralen beschenen wordt, vertoont tijdelijk een roode kleur, terwijl de omliggende vloeistof voor het oog groen blijft.

Na deze uitvoerige beschrijving van den bouw der bladen en van het voorkomen van het bladgroen daarin, kunnen wij overgaan tot de behandeling van de rol, die zij in het leven der planten te vervullen hebben. Deze is tweërlei. Eenerzijds vindt in hen de verdamping van het door de wortels opgenomen water plaats, aan de andere zijde zijn hunne bladgroen-korrels de eigenlijke organen, waarin de verwerking van het opgenomen voedsel geschiedt. Gaan wij in de eerste plaats de verdamping nauwkeuriger na.

Iedereen weet, dat een bouquet in een glas met water eischt, dat men van tijd tot tijd eenig water in het glas bijgiete, zoo men ten minste wil, dat de planten niet spoedig verwelken en verdrogen. Een glas met water gevuld, doch zonder planten, verdamt in vergelijking met het vorige slechts in geringe mate. De bladen en bloemen der bouquet zuigen dus het water op, en daar zij daarvan slechts een beperkte hoeveelheid in zich bevatten kunnen, verliezen zij het overige door verdamping. Men kan deze verdamping ook op andere wijze aantonen. Hiertoe plaatst men over de plant, hetzij deze binnenskamers in een pot staat, of buiten in den vrijen grond geworteld is, een glazen klok. Het verdampte water moet onder die omstandigheden als damp in de klok blijven. Wanneer nu des nachts de klok afkoelt, dan zal de waterdamp aan den binnenkant tegen het glas neerslaan, en dus als water zichtbaar worden. Veelal behoeft men den nacht niet af te wachten; vooral wanneer de plant onder de klok door de zon beschenen wordt, kan reeds spoedig het neerslaan van waterdruppels tegen het glas waargenomen worden.

Fig. 17. stelt eene methode voor om de hoeveelheid water, die door een plant in bepaalden tijd, en onder bepaalde om-

Fig. 17.



Verdamping van een zonneroos.

standigheden verdampt wordt, te bepalen. De plant staat op een balans, die door het plaatsen van gewichten op de kleine schaal in evenwicht gebracht wordt. Door de verdamping wordt de plant lichter, en om het evenwicht te herstellen zal men dus gewichten van de schaal moeten afnemen. Men kan, door dit b. v. elk uur te doen, den gang der verdamping gedurende den dag nagaan, en zodoende hare afhankelijkheid van warmte en licht onderzoeken. Voor ons is het echter voldoende te weten, dat de hoeveelheden door verdamping verloren water uiterst aanzienlijk zijn, en in weinige dagen het gewicht der plant zelf kunnen overtreffen. Vooal bij droge lucht, bij wind, en bij helderen zonneschijn is de verdamping zeer krachtig, en ook de temperatuur oefent op haar een belangrijken invloed uit.

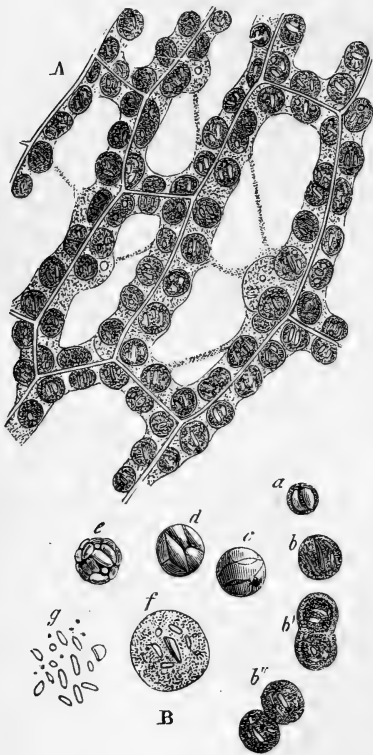
De verdamping in de bladen vindt zoowel plaats door de opperhuid, als door de cellen van het bladmoes, waar deze met de tusschencellige lucht in aanraking zijn. De lucht in de tusschencellige ruimten wordt daarbij met waterdamp bijna verzadigd, en deze damp kan door de huidmondjes ontwijken en zich met de drogere lucht mengen. Vandaar dat de verdamping van plantendeelen aanzienlijker is op die plaatsen, waar huidmondjes aanwezig zijn, dan op die, waar men er geen aantreft. Zoo vertoonen b. v. de onderzijde en de bovenzijde der bladen in dit opzicht in den regel een belangrijk verschil. Niet zelden is de uitwaseming aan de onderzijde 5—10 maal, bij sommige planten zelfs 30—40 maal grooter dan die aan de bovenzijde van hetzelfde blad. Van het laatste geval levert de bekende *Aucuba Japonica* een voorbeeld. Deze opgaven mogen voldoende zijn om zich een algemeen denkbeeld van de verdamping in bladen te vormen; voor meer bijzonderheden omtrent dit verschijnsel verwijs ik naar een volgend hoofdstuk, dat aan de bewegingen van het water in de planten gewijd is.

Wij komen thans tot het belangrijkste gedeelte van ons onderwerp: het ontstaan van organische stoffen in het blad. In ons eerste hoofdstuk, over de bouwstoffen van het plantenlichaam, hebben wij gezien, dat het grootste gedeelte van de vaste stof, waaruit de plant bestaat, brandbaar is, en bij die

verbranding koolzuur en water oplevert. Zulke stoffen worden in de natuur alleen door levende organismen voortgebracht, en dragen daarom den naam van organische. Wij zagen verder dat koolzuur en water de materialen zijn, waaruit de plant hare bouwstoffen maakt, en dat daarbij koolzuur aan de lucht wordt onttrokken en zuurstof aan deze teruggegeven. Er bestaat dus in dit opzicht een tegenstelling tusschen deze zogenoemde koolzuur-ontleding en de ademhaling van planten en dieren. Niet onder alle omstandigheden vindt de eerste plaats; zij is, behalve aan de gewone voorwaarden van het plantenleven, zooals warmte, vocht, enz., en behalve aan de aanwezigheid van koolzuur in de lucht, nog gebonden aan de vervulling van twee voorwaarden: licht en bladgoen. Slechts groene, door voldoende licht beschenen plantendeelen kunnen het koolzuur ontleden; niet groene deelen, of in het donker gehouden organen, vertoonen dit verschijnsel nooit.

De in het eerste hoofdstuk beschreven groeven leerden ons de verandering kennen, die de lucht tijdens het besproken proces ondergaat. Wij konden uit het feit dat het koolzuur verdwijnt en de zuurstof der lucht in hoeveelheid toeneemt, afleiden, dat de koolstof in de bladen in de eene of andere verbinding wordt teruggehouden. Met de kennis der uitwendige verschijnselen en de daaruit getrokken conclusie kunnen wij ons echter niet tevreden stellen; het is wenschelijk het ontstaan der organische stoffen rechtstreeks waar te nemen. Het komt er dus weer op aan, proeven te doen. Tot dit doel kweeken wij in een aantal potten jonge zaadplantjes van sterkers, radijs, of eenige andere plantensoort, liefst wat veel exemplaren in elken pot. Wij laten de planten zich in het licht ontwikkelen tot haar eerste bladen uitgespreid zijn en zij een donker groene kleur hebben aangenomen. Dan plaatsen we ze in een donkere kast en laten ze daar eenige dagen staan. Wij hebben ons dan het noodige materiaal voor uitvoerige onderzoekingen verschaft. Op den dag, voor de eerste proeven bestemd, nemen wij een pot uit de kast, en plaatsen dien des morges voor een venster, waar hij door de zon beschenen kan worden. Zoo dra de pot uit de kast gekomen is, plukken wij eenige bladen af,

Fig. 18.



A. Cellen uit het blad eener mosplant (*Funaria hygrometrica*). De groote donkere kogels zijn de bladgroenkorrels; men ziet hierin het zetmeel als kleine witte lichaampjes. B. Afzonderlijke bladgroenkorrels, *a* en *b* met weinig zetmeel, *c*, *d*, *e* met zoo veel zetmeel dat de groene stof bijna geheel verdrongen is, *f* in water opgezwollen bladgroenkorrel, *g* dezelfde nadat alles behalve de zetmeelkorreltjes door het water was opgelost.

maken van deze dwarsche doorsneden en overtuigen ons onder het microscoop, dat deze geheel met den vroeger beschreven bouw der bladen overeenkomen, dat er geen in het oog vallende bijzonderheden aan te zien zijn. Nadat de planten gedurende eenige uren door de zon beschenen zijn, plukken wij weder eenige bladen af, en behandelen ze op dezelfde wijze. Hun bouw is onveranderd gebleven. Maar de bladgroenkorrels hebben een geheel ander uiterlijk gekregen. Zij zijn veel grooter geworden, en vertoonen in haar binnenste een min of meer doorschijnend, wit lichaam, waar rondom de groene stof der korrel nog slechts een laag vormt, die in vele gevallen slechts van zeer geringe dikte is. Soms vindt men niet één, maar twee of meer witachtige lichaampjes in elke bladgroenkorrel. Vergelijken wij deze doorsneden nog eens met die, welke wij des morgens gemaakt hebben, toen de planten pas in het licht kwamen, dan overtuigen wij ons, dat deze

lichaampjes daarin niet voorkwamen, en dus tijdens het verblijf in het licht moeten ontstaan zijn. Ten overvloede vergelijken wij nog eenige der gedurende dien tijd in de donkere kast gebleven planten, en vinden ook in deze de witte lichaampjes niet. Om te weten welke beteekenis deze witte lichaampjes hebben, trachten wij hunne scheikundige eigenschappen op te sporen. Men doet dit onder het microscoop door verschillende vloeistoffen bij de doorsneden te voegen en te zien welke veranderingen de onderzochte voorwerpen door deze ondergaan. Gebruikt men nu een oplossing van jodium in alcohol of in water, welke oplossingen een bruine kleur bezitten, zoo ziet men dat de onbekende lichaampjes dit jodium uit de oplossing opslorpen en zich daarmede blauw kleuren. Het is bij deze proef goed, door voorloopige bewerkingen het optreden der blauwe kleur zoo duidelijk mogelijk te maken, o. a. moet men de groene kleurstof eerst oplossen en verwijderen, opdat deze de blauwe niet onherkenbaar zou maken. Er is nu slechts één stof bekend, die met jodium, zonder toevoeging van andere stoffen, een blauwe kleur aanneemt. Deze stof is het zetmeel, dat als tarwemeel, roggemeel, sago, stijfsel en onder zoovele andere vormen in het dagelijksch leven bekend is. Wij leiden dus uit deze blauwkleuring door jodium af, dat de witte lichaampjes, die onder de inwerking van het licht in de bladgroenkorrels ontstaan, zetmeelkorrels zijn.

Is dit zetmeel werkelijk ontstaan uit het koolzuur der lucht? Ook deze vraag moet rechtstreeks beantwoord worden. Wel weten wij dat onder de omstandigheden, waaronder in de zoo even besproken proef zetmeel voortgebracht werd, ook koolzuur wordt opgenomen en zuurstof afgegeven, doch het bewijs van het verband tusschen deze beide verschijnselen moet nog geleverd worden. Onderzoeken wij eens of het zetmeel ook ontstaan kan, als de omringende lucht geen koolzuur bevat. Hiertoe nemen wij een tweeden pot met planten uit de donkere kast, en overtuigen ons onder het microscoop dat hare bladgroenkorrels geen zetmeel bevatten. Vóór dat wij den pot in het licht brengen, zetten wij hem op een schotel, en plaatsen er een glazen stolp overheen waarvan de rand goed op

den schotel past. Gieten we nu wat water op den schotel, dan is de lucht in de klok van de buitenlucht geheel afgesloten. Het komt er nog slechts op aan, om het koolzuur uit de lucht in de klok te verwijderen. Wij gebruiken hiertoe bijtende potasch, een stof die de eigenschap bezit, koolzuur uit de lucht tot zich te trekken, en zich daarmee te verbinden, waardoor koolzure potasch ontstaat. Bijtende potasch neemt het koolzuur zoo snel op, dat na korten tijd de lucht geheel vrij van dit gas is. Wij lichten dus de glazen stolp nog even op, om er een schaalje met potasch onder te plaatsen, en na verloop van b.v. een half uur brengen wij den schotel met plant en klok voor het venster. De plant blijft dan gedurende verscheidene uren onder geheel dezelfde omstandigheden als in onze vorige proef: het eenige onderscheid vormt het gemis aan koolzuur. Na korteren of langeren tijd lichten wij de stolp wederom op, plukken een blad af, en onderzoeken dit met jodium onder het microscoop. Er vertoont zich geen zetmeel in de bladgroenkorrels. Zelfs de zorgvuldigste bereiding der doorsneden is niet in staat zetmeel te doen ontdekken. Bij afwezigheid van koolzuur ontstaat dus geen zetmeel.

Wij kunnen deze laatste proef bijzonder leerzaam maken, door haar eenige meerdere uitbreiding te geven. Daartoe plaatsen wij een aantal potten met onze planten op dezelfde wijze onder glazen stolpen, en voegen wij aan de lucht onder elke stolp koolzuur toe. Wij kunnen de hoeveelheid van het toegevoegde koolzuur zoodanig regelen, dat b.v. in de eene klok de lucht 1 % van dit gas bevat, in de andere 2 %, in een derde 4 %, en in een vierde 6 %¹. Zoo toebereid brengen wij de planten gelijktijdig aan het venster, waar zij door de zon beschenen worden. Elk half uur lichten wij de klokken even op om uit elk eenige blaadjes voor microscopisch onderzoek te nemen. Na het neerzetten der klokken dragen wij zorg dat de samenstelling der lucht, die door het oplichten veranderd kan zijn, weer dezelfde gemaakt wordt, als zij in het begin der proef

¹ Gewone dampkringslucht bevat slechts 0,05 % koolzuur.

was. Het gebruik van jodium leert ons nu na het eerste half uur, dat in de proeven met 1^o/₁₀ en 2^o/₁₀ koolzuur slechts weinig zetmeel ontstaan is, daarentegen in die met 4^o/₁₀ en 6^o/₁₀ vrij veel. Na een uur is in allen het zetmeelgehalte toe- genomen; hoe grooter het koolzuurgehalte der lucht is, des te grooter is ook de hoeveelheid van het zetmeel. Ter- wijl in de beide laatste proeven na korten tijd zooveel zet- meel voorhanden is, dat de met jodium behandelde door- sneden reeds voor het ongewapende oog donker blauw zijn, wordt deze toestand in de aan koolzuur armere lucht der beide eerste proeven slechts na veel langeren tijd bereikt. Voor de bereiding van zetmeel is dus een grooter gehalte van de lucht aan koolzuur voordelig; gaat men echter ver boven 6^o/₁₀, dan geldt deze regel niet meer, doch wordt het proces daar- entegen door de overmaat van dit gas vertraagd.

Uit al deze proeven mogen wij met zekerheid besluiten, dat het in de bladgroenkorrels waargenomen zetmeel werkelijk uit het koolzuur der lucht ontstaat. Behalve koolzuur is er echter voor het ontstaan van zetmeel nog water noodig, dat echter overal en altijd in de plant aanwezig en dus reeds van zelf voorhanden is. Het bewijs voor de noodzakelijkheid van het water kan niet door rechtstreeksche proeven geleverd wor- den; men kan niet, even als het koolzuurgehalte der lucht, zoo ook het watergehalte der plant willekeurig regelen. Begiet men een in een pot gekweekte plant te weinig, zoo worden de bladen fletsch, lang voor dat zij zooveel water verloren hebben, als voor zulke proeven noodig zou zijn. In fletschen toestand kan geen koolzuur-ontleding plaats vinden. Men zou dit aan het geringe watergehalte kunnen toeschrijven; echter niet in dien zin, dat er voor de scheikundige omzetting van water bij het ontstaan van zetmeel te weinig water aanwezig is; dit is geenszins het geval. De oorzaak moet dus in andere functiën van het water gezocht worden.

Het bewijs, dat het water bij het voortbrengen van zetmeel een even belangrijke rol speelt als het koolzuur, kan men langs een geheel anderen weg leveren. Zetmeel bevat namelijk niet alleen de elementen van het koolzuur, dat zijn dus koolstof

en zuurstof, in zich, doch ook waterstof. Deze waterstof brengt door verbinding met zuurstof water voort, en moet dus omgekeerd uit het water in het zetmeel komen. Verbranden wij zetmeel, zoo ontstaan er koolzuur en waterdamp, daar de koolstof en de waterstof zich met zuurstof verbinden. Omgekeerd kan zetmeel uit koolzuur en water ontstaan, bij welk proces noodzakelijk zuurstof vrij wordt; evenals zuurstof werd opgenomen bij de verbranding. Wij leeren dus tegelijk hierin de bron der bij de koolzuur-ontleding vrij wordende zuurstof kennen.

Het zetmeel, dat in de bladgroenkorrels als product harer werkzaamheid ontstaat, blijft niet voortdurend in deze liggen. Het is genoeg, ten einde dit aan te toonen, om eenige der potten van onze proeven weer in de donkere kast zetten, nadat zich in de bladen een geruime hoeveelheid zetmeel opgehoopt heeft. Na verloop van eenigen tijd, b.v. van een halven of een geheelen dag, onderzoeken wij de bladen dan weer onder het microscoop; daarbij treffen wij geen zetmeel meer in de cellen van het bladmoes aan. Dit is er uit opgelost en naar andere deelen der plant verplaatst, gelijk wij in een volgend hoofdstuk uitvoeriger zullen bespreken.

Is men eenmaal door proeven met de verschijnselen der koolzuur-ontleding nauwkeurig bekend geworden, zoo kan men deze ook in de vrije natuur waarnemen. Over het algemeen zal men daarbij vinden, dat de bladen des morgens bij zonsopgang geen of weinig zetmeel bevatten, dat de hoeveelheid daarvan overdag toeneemt, om 's avonds de grootste te zijn en dan in den nacht weer langzamerhand te dalen, tot eindelijk bij zonsopgang weer de geringste hoeveelheid aanwezig is. Men zou allicht geneigd zijn, hiernaar te meenen, dat de oplossing en het vervoer van het zetmeel alleen 's nachts plaats vindt; in werkelijkheid geschiedt het ook over dag, doch wordt niet waargenomen, daar er in denzelfden tijd veel meer zetmeel gemaakt dan opgelost en weggevoerd wordt.

Met de afzetting van het zetmeel in de bladgroenkorrels is de ontleding van het koolzuur door de bladeren afgeloopen. Wel is waar komt zetmeel in de planten slechts als voedingsstof in den celinhoud voor, en vormt het nooit eenig belang-

rijk bestanddeel van het plantenlichaam zelf. Doch de stof, waaruit de celwanden bestaan en waaruit de geheele plant dus als het ware is opgebouwd, de zoogenoemde celstof, komt in hare samenstelling volkomen met zetmeel overeen. Men kan dus zeggen, dat werkelijk het koolzuur en het water aan de bestanddeelen in het plantenlichaam zijn gelijkvormig gemaakt, d. i. geassimileerd. In de plant wordt telkens dáár, waar nieuwe cellen voortgebracht worden, of reeds bestaande groeien, zetmeel aangevoerd en dit verandert in celstof, terwijl het in de celwanden wordt afgezet. De overige organische stoffen, die hetzij met de celstof in de celwanden voorkomen, of in den inhoud der cellen worden aangetroffen, ontstaan, voor zoover men dit kan nagaan, allen uit het zetmeel, dat daartoe verschillende veranderingen ondergaat en zich met verschillende andere stoffen verbindt.

Er zijn enkele planten, in wier bladgroenkorrels onder den invloed van het licht geen zetmeel, doch een andere stof ontstaat. Deze andere stof bestaat echter steeds uit dezelfde elementen als het zetmeel. Zoo ontstaat b.v. in het bladgroen der zomeruijen (*Allium. Cepa*) suiker.

Op de beschreven wijze ontstaan, levert het zetmeel dus de bouwstoffen, die voor den aanleg van nieuwe organen en voor den groei der aangelegde deelen benoodigd zijn. Hoe krachtiger de ontleding van koolzuur is, hoe beter dus de groei zal kunnen plaats vinden, en hoe rijkelijker de aanleg van nieuwe deelen kan zijn. In één woord, zal een goede werkzaamheid der bladeren rijkvertakte planten, met talrijke bloemen en vruchten doen ontstaan. Hieruit volgt, dat de zorg voor dit proces een der eerste zaken is, die bij het kweken der planten moet ter harte genomen worden. Wij willen dus nu nagaan, welke omstandigheden daarop een invloed uitoefenen, en welke regels uit de kennis van dezen invloed voor de praktijk kunnen worden afgeleid.

In de allereerste plaats komt hier het licht in aanmerking.

Het licht is een der voornaamste voorwaarden der koolzuurontleding en deze hangt daarvan in de meeste gevallen bijna geheel af. Hoe beter een plant verlicht is, hoe rijkelijker zij

koolzuur opneemt en in zetmeel omzet. In het donker geschiedt dit in het geheel niet; hier kan de plant dus slechts zoolang leven, als zij nog een voorraad voedsel heeft, die in het eene of andere orgaan opgespaard is. In dit geval verkeeren bolplanten en knolgewassen; van bollen leveren tulpen en hyacinten ons voorbeelden, terwijl de aardappel tot de knollen gerekend wordt. Zulke planten kunnen zich in het donker ontwikkelen, gelijk bewezen wordt door het uitloopen der aardappels in donkere kelders, en door dat der bolplanten onder de doode bladen, die men er des winters overheen legt. Geheel normaal wordt deze ontwikkeling in het donker nooit, en zij houdt op, zoodra de voedende stoffen uit den bol of de knol verteerd zijn. In zwak verlichte lokalen is de ontleding van koolzuur meestal zoo gering, dat men de aanwezigheid van zetmeel in de bladgroenkorrels niet kan aantonen: het zetmeel wordt even spoedig opgelost als het voortgebracht wordt. Een krachtige bereiding van organisch voedsel vindt bij de meeste planten eerst dan plaats, wanneer zij door de zon beschenen worden. Daar nu, gelijk wij zagen, deze werkzaamheid de bouwstoffen voor den aanleg en den groei der plantendeelen levert, zal deze ontwikkeling des te beter kunnen zijn, naarmate de verlichting beter is.

Onze landbouwgewassen genieten in den regel zooveel van het licht, als op de plaats waar zij staan maar eenigszins mogelijk is. Men behoeft slechts te zorgen, dat zij door geen boomen of andere voorwerpen worden beschaduwd. Tegen dezen regel wordt schijnbaar daar gezondigd, waar een stuk gronds tegelijk als boomgaard en als weiland gebruikt wordt. De boomen beschaduwen het gras, en beperken dus de werkzaamheid zijner bladen; het gras groeit onder de boomen niet zoo rijkelijk als op het vrije veld. Men moet dit geval echter uit een ander oogpunt beschouwen: de boomgaard is de hoofdzaak en de boomen moeten zooveel van het licht gebruiken al zij kunnen. Daar echter de bladen min of meer doorschijnend zijn, en niet overal aaneen sluiten, bereikt een deel van het licht den grond, en om ook dit nuttig te gebruiken, laat men hier gras groeien, waarvan de opbrengst, hoewel gering, toch steeds

beter is, dan in 't geheel geene. Anders is het in tuinen gesteld. Hier toch vormen de lage planten en heesters de hoofdzaak, daar zij het vooral zijn, die om hare bloemen gekweekt worden. Hier behoort men dus met groote boomen voorzichtig te zijn, en deze slechts daar te planten of te laten staan, waar zij òf een bepaald doel hebben, òf op de lagere planten geen schaduw werpen. In elk ander geval is het beter geen boomen te planten of bestaande te verwijderen, daar zij de eigenlijke sierplanten doen kwijnen. Menige tuin, die slechts arm aan bloemen was en waar de er in gebrachte gewassen slechts een kommerlijk leven leidden, werd door het omhakken van een of twee boomen, die ongemerkt te groot geworden waren, geheel genezen.

Warme kassen, oranjeriën en broeibakken worden altijd zoo geplaatst, dat hun glaswand naar het zuiden gekeerd is; men maakt dezen glaswand schuin, liefst in zoodanige helling dat de zonnestralen des middags het glas bijna rechthoekig treffen, daar zij dan het meest volkomen worden doorgelaten. Kassen en oranjeriën bouwt men tegenwoordig meestal zoo, dat zij geheel door glas overdekt zijn, en dus zooveel mogelijk van alle zijden licht ontvangen. Een groot bezwaar bij de pogingen aan de kasplanten zooveel mogelijk licht te verschaffen, is in de sterke verwarming gelegen, die de lucht in deze besloten ruimten daarbij ondergaat. Ofschoon planten vrij groote warmte verdragen kunnen, en zelfs bij hoogere temperaturen dan die van de gewone lucht in den zomer beter groeien, wordt de temperatuur in een kas licht zoo hoog, dat zij voor den groei nadeelig, ja zelfs voor het leven gevaarlijk wordt. Dit is een der voornaamste oorzaken, waarom men op warme zonnige dagen het glas der kassen met doeken of houten traliewerk overdekt, dat men steeds zorg draagt te verwijderen, zoodra de zonnestralen de kas niet meer treffen. Wel is waar wordt daarbij het licht getemperd, ofschoon het veelal nog op lange na zoo sterk niet is als dat, waaraan de kasplanten in de vrije natuur van haar zuidelijker vaderland op heete zonnige dagen zijn blootgesteld. De reden, waarom planten, die den winter in de oranjerie doorbrengen, des zomers steeds

zooveel mogelijk in de vrije lucht geplaatst worden, is eveneens gelegen in de zorg voor betere verlichting en daardoor voor krachtiger productie van organisch voedsel.

Kasplanten ontvangen zelden zooveel licht als voor haar normale voeding noodig is, en hebben dikwijls daaraan te danken, dat zij slechts kommerlijke exemplaren zijn, die volstrekt niet in staat zijn, ons een denkbeeld te geven van de pracht, welke hare in het wild levende, zooveel gelukkiger soortgenooten ten toon spreiden. Daarenboven heerscht in de meeste kassen de ongelukkige gewoonte, van de weinige ruimte zooveel mogelijk te willen profiteren; tusschen de grootere potten overal kleinere te plaatsen, opdat geen plekje verloren ga. Het aantal soorten in een kas gekweekt is dan ook dikwijls verbazend groot, als men het vergelijkt met het aantal exemplaren dat op evenveel ruimte op den kouden grond groeit. En toch is de verlichting der planten in de kas per quadraatmeter zooveel geringer dan daar buiten. De groote planten verdringen de kleine, deze belemmeren de groote in hare ontwikkeling en het geheel krijgt een kwijnend uiterlijk. Hoe geheel anders is het in kassen, waar het niet om het aantal soorten en planten, ik zou haast zeggen om het aantal soortsetiquetten te doen is, maar alleen om weinige exemplaren tot hun volle ontwikkeling te brengen. Hier ziet men overal prachtige schoone gewassen, met weelderige bloemen en groote bladen, die de in het wild groeiende exemplaren derzelfde soorten zelfs in schoonheid overtreffen. Hier toch hebben zij bijna alles wat slechts aan de goede ontwikkeling bevorderlijk kan zijn, en zijn daarbij beveiligd tegen de schadelijke invloeden van weer en wind, van slakken en insecten, en tegen zoovele andere gevaren, waardoor zij in de vrije natuur steeds bedreigd worden. Terwijl de meeste kassen slechts voor die plantkundigen waarde hebben, wien de kennis van vele planten hoofddoel is, en ook deze zich door de zeldzaamheid van het bloeien der meeste soorten maar al te dikwijls teleurgesteld zien, zijn de 't laatst beschrevene tegelijk geschikt voor de studie van belangrijke plantensoorten in haar volledigen en bijna normalen wasdom, en voor de aesthetische ontwikkeling

van hen, die de kassen nog met een ander dan een systematisch-botanisch oogmerk bezoeken.

Mogen kasplanten al niet op gunstige omstandigheden voor hare voeding bogen, geheel misdeeld zijn in dit opzicht de planten, die in kamers achter het venster worden gekweekt. Staat een plant, terwijl het raam open is, zoover mogelijk buiten, of zelfs op een bloemenrekje vóór het raam, zoo kan zij toch slechts van de helft van den hemel licht ontvangen. Ziet het raam daarbij uit op een nauwe straat of op een klein binnenplaatsje, dan ontvangt de plant nog minder licht. Gelukkig zoo het raam nog op het zuiden ligt, en de plant van tijd tot tijd door de zon beschenen wordt.

Wanneer de planten echter op een afstand achter het raam staan, worden de omstandigheden al bijna zoo ongunstig als mogelijk is en met uitzondering van enkele echte kamerplanten, zooals bv. de *Aspidistra's*, leiden zulke gewassen dan ook meest een kwijnend leven. Al wat men bij haar doen kan, om ze meer aan licht, en vooral aan zonlicht bloot te stellen, is bevorderlijk aan hare ontwikkeling, zoo b. v. ze van tijd tot tijd in den tuin te plaatsen, of dagelijks in het open raam zoover mogelijk naar buiten te schuiven, of ook ze gedurende den tijd, dat zij niet bloeien, steeds buiten te doen blijven, of ter verzorging aan den tuinman te geven. Het laatste is tegenwoordig meer dan vroeger in gebruik gekomen, en wordt vooral bij die planten toegepast, die slechts om hare fraaie bloemen gekweekt worden, en niet bloeien, zoo niet vooraf een voldoende hoeveelheid voedsel bereid en opgespaard is. Dit is b. v. het geval met vele soorten van *Cactussen*.

Nog een enkele opmerking over den invloed van het licht moge hier een plaats vinden. Het groote onderscheid in de opbrengst van den oogst van onze cultuurplanten in verschillende jaren, moet bijna geheel toegeschreven worden aan het verschil in licht, dat aan de planten voor hare koolzuur-ontleding ten dienste stond. Natuurlijk kunnen schadelijke invloeden, als nachtvorsten, hagel, ziekten enz. een alles overwegenden invloed uitoefenen, doch zoo men hierop niet let, kan men den genoemden regel als vrij algemeen geldig beschou-

wen. Schijnt de zon voortdurend tijdens het rijpen der druiven, en wordt dus aan deze uit de bladen een overvloedige hoeveelheid zelf-bereid voedsel toegevoerd, zoo ontwikkelen zij zich krachtig en leveren een rijken oogst. Hetzelfde geldt van andere gewassen.

Behalve het licht oefenen nog een aantal andere omstandigheden een invloed op het proces der koolzuur-ontleding uit. Zoo mag de temperatuur niet onder zekere graden afdalen, of de productie van zetmeel houdt geheel op; terwijl zij boven deze laagste grens des te aanzienlijker is naarmate de temperatuur hooger is. Doch ook te hoog mag de warmtegraad niet zijn, zal zij niet en voor dit proces, en voor het leven schadelijk worden. Welke de gunstigste temperatuur is, is een vraag waarop men nog slechts bij benadering antwoorden kan; als zeker mag het echter worden aangenomen, dat zij voor verschillende planten, vooral voor gewassen uit verschillende landstreken verschillend is. Evenzoo is het gesteld met de vochtigheid van de lucht en van den bodem, van welke beiden natuurlijk het watergehalte der bladen afhangt. Ook dit mag niet onder zekere grens dalen; zoo vindt bij voorbeeld in fletsche bladen geen bereiding van zetmeel plaats. Eindelijk moeten wij nog wijzen op het koolzuurgehalte der lucht; hoe grooter dit binnen zekere grenzen is, m. a. w. hoe meer voedsel aan de plant in denzelfden tijd wordt aangeboden, hoe krachtiger de voeding zijn zal. Het bewijs hiervoor hebben wij reeds in de op pag. 44 heschreven proef leeren kennen. Op te merken valt echter nog, dat de invloed van overvloedig koolzuur zich des te sterker doet gevoelen, naarmate de plant beter verlicht is. Vooral in het zonlicht zal men dus van een kunstmatigen toevoer van koolzuur gunstige resultaten mogen verwachten.

Het leven der bladen is geenszins onbegrensd, doch meestal slechts van korten duur. Verreweg de meeste boomen en heesters laten hun bladen in hetzelfde jaar verdrogen of afvallen, waarin zij ze ontwikkelden; anderen, zooals de hulst en de klimop, behouden de bladen gedurende den winter en laten

ze eerst afvallen, nadat de nieuwe bladen zich ontplooid hebben. Een derde groep van gewassen eindelijk behoudt de bladen gedurende verscheidene, niet zelden gedurende 6—8 jaren, en prijkt dus voortdurend met bladen van zeer verschillenden ouderdom. Hiervan leveren vele dennen en sparren een voorbeeld en verder de Thuya's, die, als altijd groene heesters met kleine schubvormige bladen, bij ons onder den naam van wintergroen veelvuldig gekweekt worden.

De bladen van éénjarige planten, of van al die overblijvende gewassen, wier stengels en takken telken jare geheel afsterven, voor zooverre zij boven den grond ontwikkeld zijn, verdrogen en verrotten met deze stengels, en bereiken dus eveneens hoogstens den ouderdom van een enkelen zomer.

Aan het slot van onze beschouwingen over den bouw en de verrichtingen der bladen gekomen, is het wenschelijk nog met enkele woorden te spreken over den dood van het blad en de verschijnselen die daarmee gepaard gaan. Wij richten onze aandacht daarbij hoofdzakelijk op afvallende bladen, daar deze ons het duidelijkste inzicht in deze verschijnselen kunnen geven. De veranderingen, die het blad vóór het afvallen ondergaat, doen zich uitwendig kennen door het verdwijnen der groene kleur, die bij de meeste planten door geel vervangen wordt, bij enkele echter, b. v. bij den wilden wingerd, in een roode overgaat. Met het verlies der groene kleurstof gaat natuurlijk het ophouden der kleurstof-ontleding hand in hand. Doch er bevinden zich in het blad nog allerlei producten van deze werkzaamheid gedeeltelijk tijdelijk bewaard om later gevoerd te worden, gedeeltelijk voor den bouw van de cellen gebruikt. Deze stoffen worden, voor zooverre zij opgelost kunnen worden, langzamerhand uit het blad verwijderd, en door den steel in den tak gevoerd, waar zij weer in vasten toestand worden afgezet, om later weer dienst te doen. Vóór dat zij afvallen, worden de bladen dus om zoo te zeggen leeggemaakt, d. i. zooveel mogelijk beroofd van de stoffen, die nog voor de levende deelen van nut kunnen zijn. Men vindt in de cellen der afgevallen bladen slechts een zeer waterigen inhoud.

Het afvallen der geel geworden bladen wordt meestal een-

voudig aan den wind, of andere uitwendige oorzaken toegeschreven. Duidelijk is het, dat deze er veel toe bijdragen, doch even duidelijk dat de standvastigheid van de plaats, waar de steel afbreekt, slechts door een inwendige oorzaak bepaald kan worden. Het anatomisch onderzoek van bladstelen, die op het punt staan van af te vallen, bevestigt deze gevolgtrekking. Men ziet namelijk aan den voet des bladsteels een laagje cellen, dat zich door een krachtig leven van de overige cellen van het blad onderscheidt, en door een groote hoeveelheid inhoudstoffen terstond in het oog valt. Deze cellen splitsen zich door middel van tusschenschotten, die allen in een zelfde vlak gelegen zijn en zoodoende het afbreken voorbereiden. Vergelijkt men bladen, die meer of minder ver van het afvallen verwijderd zijn, zoo bespeurt men dat ook deze tusschenschotten zelve zich langzamerhand splitsen, waarbij de naar elkander toegekeerde wanden van twee cellen min of meer rond worden. Eindelijk wordt het verband zoo los, dat de minste stoot het blad doet afbreken. Het gedeelte, dat aan den tak achterblijft, heet het bladkussen, en wijst dikwijls jaren later nog de plaats aan, waar het blad gezeten heeft. Zeer duidelijk kan men deze bladkussens bij den paardenkastanje waarnemen, die juist aan hunne hoefvormige gedaante zijn naam te danken heeft. Dit bladkussen bedekt zich na het afvallen van het blad met een kurklaagje, dat de inwendige weeke deelen tegen uitdroging beveiligt. De enkele cellen, die buiten dit laagje gelegen zijn, sterven spoedig geheel af.

DE TIJDELIJKE BEWAARPLAATSEN VAN HET VOEDSEL.

De wortels der planten zuigen de voor haar leven noodige zouten uit den grond op, de bladen verwerken het koolzuur der lucht en het water onder den invloed van het licht tot stoffen, wier samenstelling zeer nauw met die der bouwstoffen van het plantenlichaam overeenkomt. Deze laatste, organische, zoogenoemde geassimileerde voedingsstoffen zijn verreweg de belangrijkste, terwijl de eerste, of de anorganische, voornamelijk ten doel hebben bepaalde veranderingen, die gene bij de levensverrichtingen der planten moeten ondergaan, mogelijk te maken. Deze levensverrichtingen, die het doel zijn, waartoe de voedingsstoffen worden opgenomen en verwerkt, bestaan eensdeels in bewegingen van allerlei aard, voor een groot gedeelte kunnen zij echter tot de groeiverschijnselen gebracht worden. Terwijl voor de bewegingsverschijnselen slechts zoo veel voedsel noodig is, als bij de ademhaling telkens verbruikt wordt, is voor den groei natuurlijk de veel aanzienlijker hoeveelheid geassimileerde stof noodig, die in den wand en den inhoud der jonge cellen wordt afgezet en tot vergrooting en versterking van deze dient. Op gelijke wijze eischt de aanleg van nieuwe organen en cellen zeer groote hoeveelheden voedingsstoffen.

Terwijl wij voor het verbruik van het voedsel bij de ademhaling verwijzen naar ons eerste hoofdstuk over de bouwstoffen

van het plantenlichaam, zullen wij ons thans meer met die stoffen bezighouden, die tot den bouw van nieuwe en den groei van aangelegde deelen gebruikt worden, onverschillig of zij daarbij in vasten of halfvloeibaren toestand worden afgezet, of wel tijdens de ontwikkeling het materiaal voor de daarbij steeds zeer krachtige ademhaling leveren. Het is duidelijk, dat dit voedsel ten deele door de wortels opgenomen, ten deele in de bladen bereid moet zijn.

Gaan wij in de eerste plaats in korte trekken het leven en de ontwikkeling van een éénjarige plant na. Nadat zij uit het zaad ontstaan is en hare eerste bladen ontplooid heeft, is aan deze organen en aan de wortels de geheele zorg voor de voeding opgedragen. Van hunne werkzaamheid hangt het af, of de stengel zich snel ontwikkelt, of nieuwe takken en nieuwe bladen worden aangelegd, en in welke hoeveelheid. Ook de krachtige groei der aangelegde deelen, het verkrijgen van hunne normale grootte en de noodige stevigheid van den inwendigen bouw, om gemakkelijk aan schadelijke invloeden weerstand te bieden, hangt van de productie van organische stof in de bladen, en van de opzuiging van zouten door de wortels af. Eveneens de aanleg van bloemtrossen en bloemen, wier verdere ontwikkeling zelf wederom groote hoeveelheden voedsel eischt. Dan ontplooien zich de bloemen en lokken door fraaie kleuren en aangename geuren bijen en vlinders tot een bezoek en tot het verzamelen van honig uit; deze brengen hunnerzijds als uit dankbaarheid voor den aangeboden honig, het stuifmeel over naar den stempel, waar het door het kleverige stempelvocht in staat gesteld wordt zijn werking te vervullen, tengevolge waarvan zich uit het onder in de bloem gelegen vruchtbeginsel de vrucht met de zaden ontwikkelt. In dien tijd bereikt de steeds stijgende eisch van voedsel zijn toppunt, groote hoeveelheden worden niet alleen verbruikt voor den groei der genoemde organen, doch in de zaden wordt een voorraad voedsel opgehoopt, op welke de kiemplant zal kunnen teeren, zoolang zij nog te klein en te tener is om zelve voor hare voeding te zorgen. Doch met de steeds toenemende behoefte aan voedsel heeft de ontwik-

keling der bladen en der wortels gelijken tred gehouden. Eveneens is in deze de productie en de opneming voortdurend grooter geworden, zoodat aan de aanzienlijke behoeften rijkelijk kan worden voldaan. Eerst tegen den laatsten tijd van het leven der plant begint de werkzaamheid der bladen te verflauwen, en weldra moeten zij, ten einde in de allerlaatste behoeften voor den voedselvoorraad in de zaden te voorzien, hun eigen lichaamsdeelen oplossen en ten vervoer aan den stengel aanbieden. Met hunne volledige uitputting is tegelijk het einde van hun leven bereikt en de plant zelve heeft hare zaden tot gereedheid gebracht en dus als 't ware aan haar laatsten plicht voldaan. Zij verdort en verdroogt en na weinig tijd zijn nog slechts de zaden overgebleven.

De geschiedenis van het voedsel in eenjarige planten is dus een zeer eenvoudige; van de plaatsen, waar het opgenomen en bereid wordt, wordt het langs bepaalde wegen naar die deelen vervoerd, waar het tot den opbouw der plant moet worden gebruikt. Terwijl dit verbruik zelf natuurlijk slechts bij gelegenheid van de verschijnselen van den groei kan worden behandeld, moeten wij dus omtrent de eenjarige planten slechts nagaan, langs welken weg het voedsel verplaatst, en hoe het in de zaden ten dienste der kiemplant bewaard wordt.

Eenigszins anders is het gesteld met die planten, wier leven zich over meer dan één zomer uitstrekt. Van deze is de leeftijd zeer verschillend. Er zijn er, wier levensloop een bepaald, en voor elke soort standvastig aantal jaren duurt. Deze bloeien slechts eenmaal, en wel in haar laatste jaar, zoodat met het voortbrengen van vruchten en zaden haar leven besloten is. De gewone peen en de beetwortels leveren daarvan een voorbeeld; zij zijn tweejarig; andere, zooals de zoogenoemde honderdjarige Aloë (*Agave americana*), hebben 15—20 jaar noodig vóór zij tot bloeien geraken, doch eindigen met het bereiken van dit doel eveneens haar leven. Zulke planten komen, hetzij zij twee- of meerjarig zijn, daarin met elkander overeen, dat zij slechts éénmaal bloeien. Er zijn echter een groot aantal planten, die jaren achtereen bloeien. Elken winter blijven zij in levenden toestand over, doch slechts ten deele. Bij som-

migen is dit overblijvende deel geheel onder den grond verborgen: in den zomer of den herfst sterft, na het rijpworden der vruchten, alles af wat zich boven den grond ontwikkeld heeft. De geheele Dahlia-plant, met haar hooge stengels en rijken bladerdosch, met haar talrijke dikwijls zoo sterk samengestelde bloemen, verdort en verdroogt na de eerste nachtvorsten van het najaar, en is in schijn geheel afgestorven. Doch de onderaardsche deelen worden door de nachtvorsten niet getroffen, en zijn bij tijds door de zorg der bladen in zoodanigen toestand gebracht, dat zij den winter over in leven kunnen blijven en in het volgende voorjaar weer tot de ontwikkeling van nieuwe stengels met bladen en bloemen aanleiding kunnen geven. Men noemt de Dahlia en die talrijke andere, hetzij wildgroeiende, hetzij gekweekte planten, die even als zij elk jaar tot op den grond toe afsterven, om in het volgende uit de onderaardsche deelen weer uit te loopen, in den eigelijken zin des woords overblijvende planten. Tegenover deze staan de boomen en heesters, wier bladen wel is waar afvallen, doch wier stammen en takken 's winters in leven blijven, en goed beschutte knoppen dragen, uit welke zich in het voorjaar nieuwe takken met bladen en bloemen ontwikkelen.

Met weinige uitzonderingen is aan al deze gewassen, hetzij zij twee- of meerjarig, overblijvend of houtachtig zijn, één belangrijke eigenschap gemeen, ik bedoel namelijk de noodzakelijkheid van in het vroege voorjaar eerst te groeien en bladen te maken, vóór dat eenige productie van nieuw organisch voedsel, door de ontleding van het koolzuur der lucht, mogelijk is. De bladen toch, in welke dit proces moet plaats vinden, blijven den winter niet over, doch moeten nieuw gevormd worden. De voedingsstoffen, die tot hunne ontwikkeling noodig zijn, moeten dus reeds vooraf in de plant aanwezig geweest zijn, m. a. w. door de bladen van het vorige jaar gereed gemaakt en op de eene of andere plaats afgezet zijn. De bedoelde uitzonderingen op dezen regel zijn voornamelijk die gewassen, wier bladen in den winter overblijven, b.v. dennen, sparren, klimop, wintergroen, honderdjarige Aloë's enz.

De afzetting der voedselstoffen, die als voorraad voor de

ontwikkeling in het volgende voorjaar opgehoopt worden, geschiedt of in de stengels en wortels, welke met de knoppen het overblijvende deel der plant vormen, of wel er zijn bijzondere organen voor aanwezig. In het eerste geval kan de verspreiding van het voedsel in de weefsels aan bepaalde wetten onderworpen zijn, zoodanig dat bijzondere weefsels geheel met het bewaren daarvan zijn belast, of wel alle deelen der plant, welke daartoe geschikt zijn, gelijkmatig aan dit bewaren deelnemen. Bij vele overblijvende planten is het onderaardsche stengeldeel vleezig aangezwollen en bevat dit het voedsel, bij anderen is een bol of een of meer knollen aanwezig, die geheel tot dit doel aangelegd zijn. Twee- of meerjarige gewassen stapelen het voedsel niet zelden in den dik geworden wortel op; terwijl in den stam en de takken van boomen en heesters bijzondere weefsels tot het afzetten van het reservevoedsel ingericht zijn.

Al deze bewaarplaatsen van het voedsel zullen in dit hoofdstuk, voor zooverre de ruimte toelaat, aan een nadere beschouwing worden onderworpen, doch daarbij moet nog de vraag beantwoord worden, langs welken weg het voedsel zich in deze gewassen beweegt. Men zal gemakkelijk inzien, dat deze verplaatsing een driedelige is: 1^o rechtstreeks van de plaatsen van productie (de bladen en de wortels) naar die van verbruik (de groeiende deelen); 2^o van de plaatsen van productie naar de tijdelijke bewaarplaatsen; 3^o van deze naar de plaatsen van verbruik. Het eerste geval komt overeen met de verplaatsing, die het voedsel bij eenjarige planten ondergaat.

Uit deze uitvoerige inleiding blijkt, dat wij ons hoofdstuk in twee hoofdafdeelingen moeten splitsen, van welke de eerste eene beschrijving levert van de tijdelijke bewaarplaatsen van het voedsel, waarvan wij de voornaamste zooeven met enkele woorden noemden. De tweede afdeeling zal dan moeten handelen over de bewegingen van het voedsel en vooral den weg aangeven, dien dit daarbij volgt, en tevens zooveel mogelijk de oorzaken voor die beweging trachten op te sporen. De eerste hoofdafdeeling verdeelen wij, voor de duidelijkheid van het overzicht, in drieën; zóó, dat de zaden het onder-

werp der eerste onderafdeeling vormen, en de onderaardsche deelen der overblijvende planten de stof voor de tweede levens, terwijl dan slechts de behandeling van den bouw van de stammen en de takken onzer boomen en heesters voor de derde overblijft.

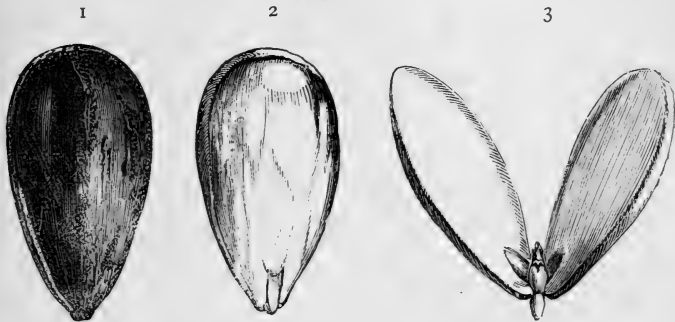
Voor dat ik tot de behandeling dezer onderafdeelingen overga, wensch ik nog met enkele woorden er op te wijzen, dat de te bespreken plantendeelen nog uit een ander oogpunt dan het zuiver wetenschappelijke van groot belang zijn. Vele dezer stapelplaatsen, waar het voedsel ten gebruike der plant zelf bewaard wordt, behooren toch tot de voornaamste bronnen van het plantaardige voedsel van den mensch.

Elk zaad bevat, behalve de kiem der jonge plant, nog een zekere, al is het soms ook zeer geringe hoeveelheid voedsel, waarmede deze kiem zich in de allereerste tijden van hare ontwikkeling moet voeden. Voor een nauwkeurige kennis van het zaad is het dus noodig zoowel deze kiem, alsook de bewaarplaats van het voedsel te onderzoeken.

Kiezen wij uit de groote reeks van zaden dat van den amandelboom uit, om ons onderzoek mede te beginnen. Nadat wij de ruwe, min of meer houtige schaal verbroken hebben is de amandel vrij geworden; deze is het zaad zelf. Het bestaat van buiten uit een lichtbruin vlies, dat het aan alle zijden omgeeft; nemen wij dit vlies weg, dan zien wij een tweede, dunner en wit gekleurd vlies. Deze twee worden de uitwendige en de inwendige zaadhuid genoemd. Wat er overblijft heet in dit geval de kiem (fig. 19, n^o. 2). Deze kiem bestaat op het eerste gezicht uit twee overlansche helften, die dicht tegen elkander aanliggen. Wij buigen ze uit elkander en zien, dat zij slechts aan haar ééne uiteinde aan elkander vastgehecht zijn. Of juist, zij zijn op die plaats beide verbonden aan een klein lichaampje, dat zelf weer uit twee deelen bestaat. Het bovenste dezer deelen doet zich voor als eenige zeer jonge, nog onontwikkelde blaadjes, die dicht tegen elkander aanliggen. Zij vormen te zamen een knop, het pluimpje geheeten, die den stengel en de eerste

bladen der plant in aanleg in zich bevat. Deze knop behoeft slechts aanzienlijk in grootte toe te nemen en zich te ontslui-

Fig. 19.



Amandelzaden; 1 met zaadhuid; 2 zonder zaadhuid; onderaan ziet men het worteltje; 3 na openlegging der beide zaadlobben is zoowel het pluimpje als het worteltje zichtbaar.

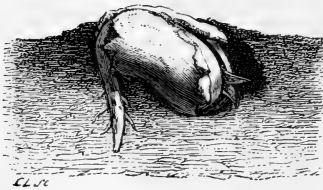
ten om de genoemde deelen te doen ontstaan. Het onderste deel heet het worteltje en is de kiem van den wortel van de plant; uit zijne verlenging en verdere ontwikkeling ontstaat het geheele machtige en sterk vertakte wortelstelsel van den amandelboom. Pluimpje en worteltje vormen dus te zamen den aanleg der nieuwe plant. De beide helften van het zaad, die aan dit jonge plantje verbonden zijn, zijn de zaadlobben, die als het ware de beide eerste bladen van de plant vertegenwoordigen, bladen die echter nooit den eigenaardigen vorm van het gewone blad van den amandelboom zullen aannemen. Zij zijn het, waarin het voedsel is bewaard; zij zullen bij de ontkieming slechts zoolang blijven leven, als zij nog voedsel in zich bevatten, dat naar de overige deelen der plant moet worden toegevoerd. Zijn zij geheel uitgeput, zoo verdrogen zij en breken gemakkelijk van de plant af.

Het onderzoek van droge amandelzaden, en de herkenning van de beschreven deelen in deze, moge eenige moeielijkheid in zich hebben, zeer gemakkelijk wordt het, wanneer men de zaden te voren een of een paar dagen in water laat weeken.

Nadat zij korten tijd in het water gelegen hebben, ziet men in de zaadhuid overal kleine plooiën ontstaan, die langzamerhand in grootte toenemen. De huid zuigt het water op en zet zich daarbij aanzienlijk uit. Doch weldra nemen deze plooiën weer af en eindelijk is de oppervlakte van het zaad weer glad geworden. De oorzaak hiervan ligt in de uitzetting van de zaadlobben, die eerst geen water ontvingen, toen de huid nog al het opgenomene voor zich gebruikte, doch weldra ook vocht opnemen en daardoor aanzwellen; zij rekken daarbij de huid uit en doen de plooiën in deze verdwijnen. In zulk een opgezwollen zaad laten zich nu de verschillende deelen zeer gemakkelijk uit elkander nemen.

Denzelfden bouw als de amandels bezitten talrijke andere plantenzaden, van welke ik slechts enkelen der grootsten en meest bekenden wil opnoemen. Het zijn de eikels, de paardenkastanjes en de verschillende soorten van erwten en boonen. Ook deze zijn ter vergelijking van de hier gegevene beschrijving zeer aan te bevelen. Wil men den bouw van het

Fig. 20.



Ontkieming der bruine boon.

De zaadhuid is gebarsten, het worteltje heeft zich verlengd en begint zich te vertakken; de top van het pluimpje wordt tusschen de zaadlobben zichtbaar.

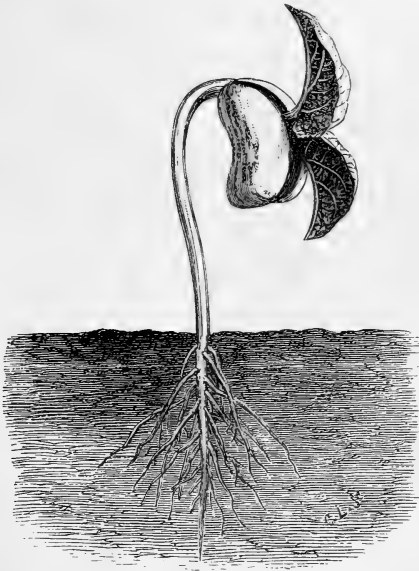
pluimpje gemakkelijker leeren kennen, zoo is het goed het zaad eenigen tijd te laten kiemen. Men zaait het eenvoudig in aarde, of wel men laat het zich eerst in water volzuigen; en plaatst het dan op nat zand, waar men de ontwikkeling gemakkelijker kan nagaan. Vergelijkt men dan de toestanden, die het zaad achtereenvolgens doorloopt, terwijl het zich in de jonge plant verandert, zoo bespeurt men, dat werkelijk het

worteltje de wortel wordt, terwijl het pluimpje in den stengel en de bladen overgaat. De zaadlobben nemen af en zijn weldra geheel uitgezogen. Men ziet eenige dezer toestanden in fig. 20—22 voor de gewone bruine boon afgebeeld; de vergelijking van

deze met de figuur van het amandelzaad moet noodzakelijk ook den laatsten twijfel omtrent de beteekenis der daarin aangetroffen deelen doen verdwijnen.

In de tweede plaats willen wij een roggekorrel beschouwen.

Fig. 21.



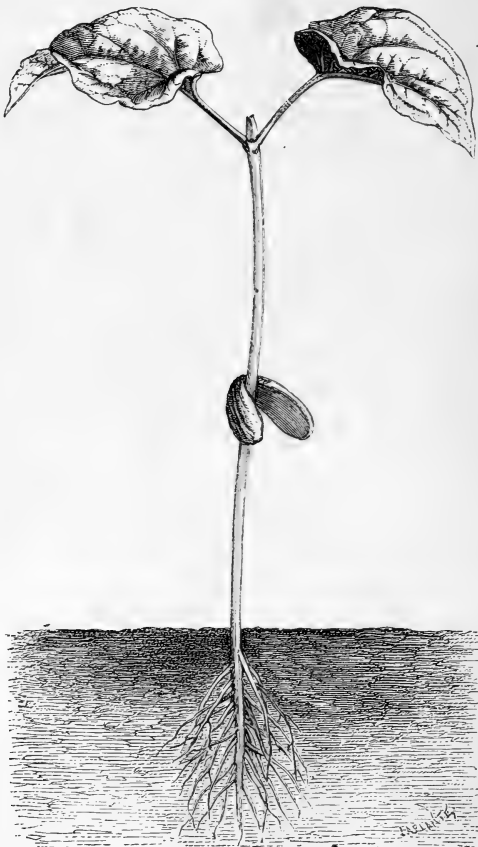
Ontkieming der bruine boon.

Het plantje heeft twee bladen ontwikkeld, die geheel buiten de zaadlobben zijn getreden; het worteltje is tot wortel geworden, en de zaadlobben zijn door den groei van den stengel opgeheven.

De roggekorrel wordt gewoonlijk als een zaad beschouwd; in werkelijkheid is zij een vrucht, waarin een zaad besloten ligt. De zaadhuid is hier echter met den vruchtwand zoo innig ineengegroeid, dat het er uitziet, alsof zij slechts één lichaam vormden. De juiste waarde van deze buitenste laag kan men dan ook slechts verklaren, wanneer men haar met jongere toestanden der vruchten vergelijkt. Binnen deze laag ligt een

krijtwit lichaam, dat op de overlangsche doorsnede in fig. 23

Fig. 22.



Ontkieming der bruine boon.

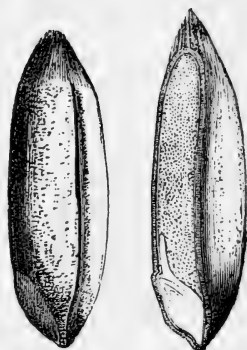
Alle deelen van het zaad zijn ontplooid; doch behalve de worteltakken zijn nog geen nieuwe deelen gevormd.

het grootste gedeelte van het zaad inneemt. Dit is het, wat ons in fijngemalen toestand het roggemeel levert; als deel van

het zaad heet het kiemwit. Het bestaat niet uit twee helften, doch uit één stuk, en komt dus niet met de beide zaadlobben van den amandel overeen. Van daar die andere naam. Toch is in dit kiemwit de groote massa van het voedsel afgezet. De kiem zelf neemt slechts een kleine plaats in en ligt in de aangehaalde figuur onderaan. Men herkent er duidelijk drie deelen aan. Het alleronderste min of meer versmalde uiteinde is de aanleg van den wortel: het worteltje. Het bovenste, eveneens smal uitlopende orgaan draagt den naam van schildje en is de plaats waar de kiem met het kiemwit is vastgegroeid, en van waar uit het kiemwit tijdens de ontkieming langzamerhand zal leeggezogen worden. Eigenlijk is niet alleen het bovenste lipje het schildje, doch ook nog een groot deel der rugzijde van de kiem, waar deze het kiemwit aanraakt en er mede vergroeid

is. Verder ziet men in de bovenste helft van het breedere deel een aantal gebogen lijnen, die als 't ware driehoeken zonder grondlijn vormen. Deze moeten ons iets langer bezig houden. Zij zijn de doorsneden van één enkelen, bladachtigen zaadlob, en van eenige, daarbinnen gelegen blaadjes. Elk dezer organen heeft op zich zelf den vorm van een peperhuisje; en even als een stel peperhuisjes zijn zij in elkander geschoven. Dat onder die omstandigheden de overlangsche doorsnede er werkelijk zoo uit moet zien als in de figuur, zal men licht begrijpen, als men zich een overlangsche doorsnede door zulk een stel peperhuisjes voorstelt, zóó gevoerd, dat het geheele stel er door in twee gelijke deelen gesplitst wordt. Waarom heet het buitenste dezer blaadjes zaadlob? Natuurlijk om een zekere overeenkomst met de beide zoogenoemde deelen van het amandelzaad. Deze

Fig. 22.



1.

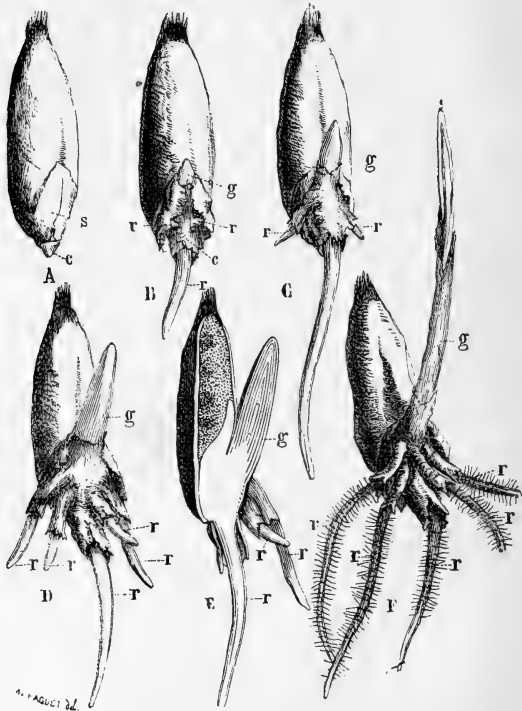
2.

Roggekorrel.

1 geheele vrucht, 2 overlangsche doorsnede van de vrucht en het daarin bevatte zaad; het getippelde is het kiemwit; onder aan ziet men de kiem.

nu vormden de twee onderste bladachtige organen van het jonge kiemplantje; hetzelfde is het geval met den zaadlob van

Fig. 24.



Ontkieming van tarwe. Ontwikkeling volgens de figuren A—F.

A: Tarwekorrel in ongeweekten toestand; *s* plaats waar de zaadlob te voorschijn zal treden; *c* plaats waaar het worteltje de zaadhuid doorbreekt. B: Het worteltje is ontwikkeld; er ontstaan zijwortels (*r*); de zaadlob komt bij *g* voor den dag. C en D verder ontwikkelde toestanden. E overlangsche doorsnede van den in D afgebeelden toestand; men herkent dezelfde deelen als in fig. 22 no. 2. F: Nog oudere kiemplant; *g* is de zaadlob, waar boven het pluimpje zich verheft.

de roggekorrel. Hier zit echter op dezelfde hoogte slechts één orgaan, dáár waren er twee. Men noemt de eerste soort van

zaden éénzaadlobbige, de tweede tweezaadlobbige, en geeft deze beide namen ook aan twee groote groepen van planten, die zich trouwens niet alleen door dit, maar nog door een groot aantal andere kenmerken van elkander onderscheiden. Het zijn twee der hoofdafdeelingen van het plantenrijk, waarin alle met bloemen bloeiende planten, behalve de dennen, sparren, jeneverbessen, onechte sagopalmen (soorten van het geslacht *Cycas*) en hare verwanten gerangschikt worden. Doch keeren wij tot de roggekorrels terug. Deze bestaan dus uit den vruchtwand en de zaadhuid, uit het kiemwit en de kiem. De kiem bestaat uit een schildje, het worteltje en het pluimpje, dat door den eenigen zaadlob omgeven is. Hier is de zaadlob niet vleezig maar vliezig, zij bevat het voedsel niet, dat daarom in een afzonderlijk orgaan, het kiemwit, is afgezet.

Met de roggekorrels komen talrijke andere zaden in bouw overeen, en in de eerste plaats die der overige granen: tarwe, gierst, haver, maïs enz.

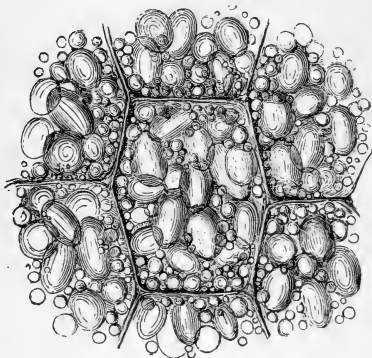
Ook hier kan het onderzoek gemakkelijker en leerrijker gemaakt worden, wanneer men de zaden eenigen tijd vóór het opensnijden in water weekt, of wel ze geheel laat ontkiemen. De vergelijking van de verschillende ontwikkelingstoestanden in fig. 23 en fig. 24 moge het bewijs hiervoor leveren; de overgang is een zoo geleidelijke, dat een uitvoerige beschrijving overbodig kan geacht worden.

Er bestaat nog een derde soort van zaden, te weten die, welke twee zaadlobben en daarbij een kiemwit hebben. In dit geval zijn gewoonlijk de zaadlobben weinig ontwikkeld en bevatten zij geen of bijna geen voedsel. Zaden met één zaadlob en zonder kiemwit zijn zeldzaam.

Nu wij den algemeenen bouw der zaden hebben leeren kennen, kunnen wij overgaan tot de nadere beschouwing van die bijzondere deelen, waarin het voedsel wordt aangetroffen. Hiertoe maken wij b.v. van het kiemwit van een rogge- of tarwekorrel een zeer dunne doorsnede en beschouwen die onder het microscoop, terwijl zij in een weinig water of spiritus ligt. Een klein deel van zulk een doorsnede vertoont ons fig. 25 bij zeer sterke vergrooting. In het midden van deze

figuur zien wij een langwerpige zeshoekige cel en rondom deze andere cellen, die slechts ten deele afgebeeld zijn. Allen zijn zij

Fig. 25.



Met zetmeel gevulde cellen uit het kiemwit van tarwe.

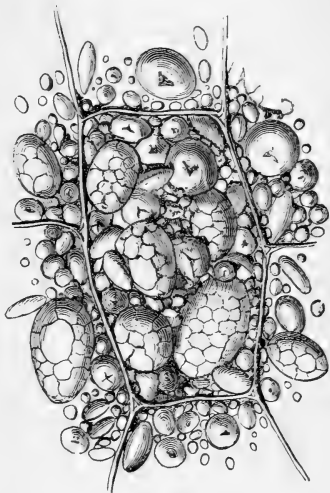
dicht gevuld met groote en kleine korrels, wier gedaante het meest met die eener dikke lens overeenkomst. Van de voorzijde beschouwd, doen zij zich dus als cirkelronde lichamen voor, terwijl zij dáár, waar zij schuin liggen, of van de smalle kant gezien worden, een meer elliptische gedaante vertoonen. Deze korrels bestaan uit zetmeel, dezelfde stof, die tijdens de koolzuur-ontleding in de bladgroenkorrels ontstaat. Om

dit te bewijzen maken wij gebruik van de bij de behandeling van dit proces reeds vermelde eigenschap van zetmeel, om zich met jodium blauw te kleuren. Voegen wij dus een oplossing van jodium in alcohol of in water aan onze snede toe, zoo kleuren zich deze korrels fraai blauw. Daar er nu geen andere stof bekend is, die dezelfde eigenschap bezit, zoo mogen wij besluiten dat de korrels zetmeel zijn. De hoeveelheid zetmeel is zóó groot, dat men de blauwkleuring met jodium reeds met het ongewapend oog kan waarnemen. Een nauwkeurige beschouwing der zetmeelkorrels, terwijl zij in water liggen, toont ons een aantal kringen, die in de ronde korrels regelmatig om het middenpunt loopen, in de langwerpige een elliptische gedaante bezitten. Brengen wij het praeparaat daarentegen in watervrijen alcohol, en wasschen wij het met dezen zoolang uit, totdat al het water er uit verdwenen is, zoo zien wij deze kringen niet meer. Hieruit volgt dat water voor hun bestaan een noodzakelijk vereischte is, en men heeft gevonden, dat zij veroorzaakt worden door een laagsgewijzen bouw

der korrels, waarbij de lagen daarin van elkander verschillen, dat zij afwisselend een grooter en kleiner gehalte aan water bevatten.

Fig. 26.

Fig. 26 stelt een stukje van een doorsnede uit het kiemwit van een haverkorrel voor. In het midden ligt weer een zeshoekige cel, omgeven door andere, niet geheel afgebeelde cellen. De korrels, die den inhoud dezer cellen uitmaken, zijn ook hier zetmeel. Zij vertoonen echter onderling tamelijk veel verschil. Er zijn er die kogelrond zijn; andere die meer een elliptische gedaante hebben. Weer andere vertoonen een netvormige teekening, en blijken, bij nader onderzoek, uit een aantal kleine hoekige stukjes te bestaan, die vrij gemakkelijk van elkander losraken. Sommige zijn uit twee, andere uit drie of vier, nog andere uit een vrij



Een met zetmeel gevulde cel uit het kiemwit van haver. De groote zetmeelkorrels zijn uit een aantal kleinere, hoekige stukjes samengesteld.

groot aantal deelen samengesteld. Aan deze samengestelde korrels kan men havermeel onder het microscoop gemakkelijk herkennen.

Het spreekt van zelf, dat de zetmeelkorrels niet de geheele ruimte der cellen innemen. De openingen tusschen de grootere korrels worden wel is waar door de kleinere ten deele aangevuld, doch ook deze zijn niet hoekig maar rond, en raken elkander dus slechts met weinige punten harer oppervlakte aan. Deze tusschenruimten zijn aangevuld door een andere, eveneens zeer belangrijke voedingsstof, het eiwit. In goede praeparaten laat zich bij sterke vergrooting dit eiwit gemakkelijk aantoonen; om tot de overtuiging te geraken, dat het zich werkelijk in niet onaanzienlijke hoeveelheid in graankorrels bevindt, be-

hoeven wij ons slechts aan de eigenschappen van meel te herinneren. Brengt men tarwemeel in water, dan vormt dit eene taaië, deegachtige massa. De oorzaak hiervan kan natuurlijk niet in de ronde, vrij harde zetmeelkorrels gelegen zijn, doch moet juist in het eiwitgehalte van dit meel gezocht worden. Aan dit eiwitgehalte heeft het uit zulk meel gebakken brood een belangrijk deel zijner voedzaamheid te danken.

Denzelfden bouw als het kiemwit van graankorrels, dat uit cellen bestaat, die met zetmeelkorrels en daartusschen liggend eiwit gevuld zijn, vertoonen ons de zaadlobben van die zaden, die of in 't geheel geen kiem hebben, of bij welke dit lichaam slechts weinig ontwikkeld is. Wij behoeven dus hierbij niet afzonderlijk stil te staan. Daarentegen zijn er een aantal zaden, die, hetzij in het kiemwit, hetzij in de zaadlobben, in plaats van zetmeel een andere stof herbergen. Deze stof is dan meestal olie, en vele planten, wier zaden zulk een olie voortbrengen, worden ter verkrijging van deze in het groot gekweekt. Lijnolie en raapolie worden beide door persen verkregen uit plantenzaden, de eerste uit lijnzaad of vlaszaad, de andere uit raapzaad, dat ook wel koolzaad genoemd wordt. In zulke oliehoudende zaden is de olie niet in druppels aanwezig, die daarin als het ware de plaats der zetmeelkorrels van andere zaden innemen, maar bevindt zich de olie in uiterst fijn verdeelden toestand met eiwit gemengd, zoodat men haar eerst zien kan, wanneer men een doorsnede in water brengt, of in een andere vloeistof, die eveneens op het eiwit inwerkt en daardoor een scheiding teweeg brengt. Uit dit innige mengsel bestaat de hoofdinhoud der cellen, terwijl daarin niet zelden nog andere lichamen liggen, die een ronde of hoekige gedaante hebben en dikwijls sprekend op zetmeelkorrels gelijken. Deze korrels bestaan of geheel uit eiwit, of bevatten in een uit eiwit gevormd omhulsel zekere insluitsels, die of kristallen, of kleine ronde korrels zijn. Men noemt deze eiwitlichamen, met of zonder de ingesloten voorwerpen, aleuronkorrels; daar zij in water tot een deegachtige massa opzwellen, heeft men ze ook wel met den naam van kleefmeel bestempeld.

Zetmeel, olie en eiwit zijn de drie voornaamste vertegen-

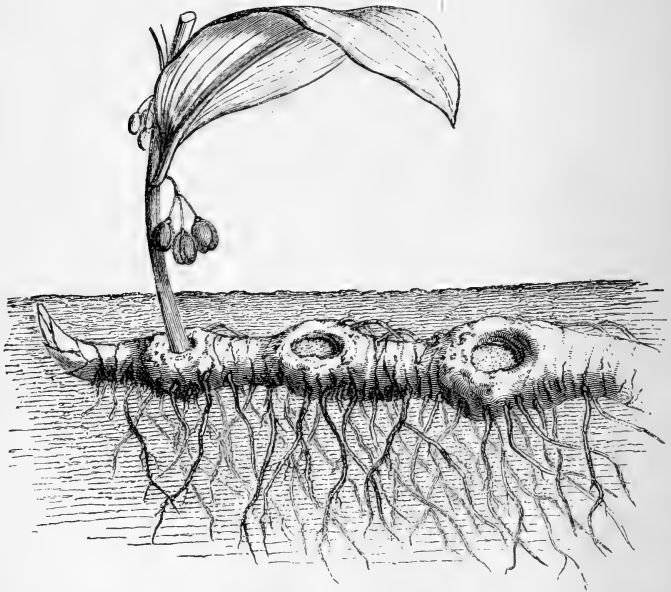
woordigers van de drie hoofdgroepen, waarin men de organische bouwstoffen van het plantenlichaam zou kunnen splitsen. De groep van het zetmeel, waartoe ook de suiker behoort, en die daarnaar den naam van suikerachtige lichamen draagt, kan in het plantenrijk de plaats der olieachtige lichamen of vetten vervangen; m. a. w. bij de voeding der plant vervullen beide groepen van stoffen dezelfde rol. Vandaar dat wij in sommige zaden zetmeel, in andere olie aantreffen. De eiwitachtige lichamen kunnen daarentegen in hunne werking bij den groei van plantendeelen noch door zetmeel, noch door olie vervangen worden, vandaar dat zij in geen soort van zaad ontbreken. Behalve organisch reserve-voedsel moeten de zaden echter ook nog anorganisch voedsel bevatten, daar wij weten dat ook stoffen van deze groep tot de bouwstoffen van het plantenlichaam behooren. Soms treft men deze aan in den vorm van kristallen; b.v. in de aleuronkorrels, soms met het eiwit zoodanig gemengd, dat men ze slechts langs scheikundigen weg kan aantoonen.

De onderaardsche deelen der overblijvende planten zijn of stengelorganen, of wortels. Meestal vindt men beide gedurende den winter nog in leven. Aan de stengelorganen, die in dit geval ook wel met den naam van wortelstok bestempeld worden, vindt men steeds de knop of knoppen, waaruit zich in het volgende voorjaar de nieuwe bebladerde plant zal ontwikkelen. Terwijl deze knoppen dus de kiem voor den stengel en de bladen van het volgend jaar bevatten, moet in den wortelstok, of in de wortels het voedsel bewaard worden, ten koste waarvan de eerste ontwikkeling zal plaats vinden. Immers vóór dat de eerste groene bladen boven den grond geheel ontplooid zijn, kan de jonge plant zelf nog geen voedsel maken, en moet dus het tot haar groei noodige in bepaalde organen gereed vinden. Van deze organen nu wenschen wij de voornaamste hier aan een nadere beschouwing te onderwerpen. Wij kunnen ze tot vier groepen brengen, waarvan er drie stengeldeelen omvatten, te weten: den eigenlijken wortelstok,

den bol en den knol, terwijl de vierde die wortelorganen behandelt, welke ten gevolge van hun groote dikte en vleezige zelfstandigheid met den naam van wortelknollen aangeduid worden.

Verreweg de meeste overblijvende planten doen dit door een wortelstok in den engeren zin van het woord. Soms is deze

Fig. 27.



Wortelstok van het Salomonszegel, (*Convallaria Polygonatum*). Aan de onderzijde ziet men talrijke wortels, aan de bovenzijde een vrucht-dragenden stengel, en aan het uiteinde een eindknop.

dun en kruipend, gelijk bij de zegge of het rietgras (*Carex arenaria*), dat op onze duinen zooveel tot het vastleggen van het zand bijdraagt. In dit geval zou men ter nauwernood vermoeden, dat hij de bewaarplaats van het voedsel voor de knoppen is.

Bij andere planten daarentegen is de wortelstok dik en vleezig,

en toont reeds op het eerste gezicht, dat zijn hoofdrol in het bewaren van voedsel bestaat. Zulk een wortelstok bezit o.a. het Salomonszegel, waarvan bij ons te lande twee soorten vrij algemeen voorkomen, de eene in bosschen, de andere op droge zandgronden. Van de laatste zijn de onderaardsche deelen in fig. 27 voorgesteld. De wortelstok kruipt in horizontale richting op zeer korten afstand onder de oppervlakte van den grond voort, en is aan zijne onderzijde van talrijke wortelvezels voorzien. Hij eindigt in een min of meer naar boven gebogen knop, die aan de knobschubben gemakkelijk te herkennen is. Door de ontwikkeling van dezen knop zal de wortelstok zich in het volgend jaar verlengen, en tegelijk een bebladerde stengel boven den grond doen ontstaan. De bebladerde stengel van dit jaar, waarvan de figuur ons slechts het onderste gedeelte laat zien, is uit een dergelijken eindknop van het vorige jaar ontstaan. Zoodra zijn bladen verdord en zijn vruchten afgevallen zijn, zal hij ook zelf afsterven en vergaan, en er zal aan den wortelstok later nog slechts een ronde plek te zien zijn, die de plaats aanwijst, waar de stengel bevestigd was. De twee ronde plekken, die men op den wortelstok in onze figuur ziet, zijn zulke plaatsten, waar de bebladerde stengels der beide voorgaande jaren aan hebben vastgezeten. Zij herinneren in haar vorm eenigszins aan een diep ingedrukt zegel in lak, aan welke eigenschap de plant haar naam te danken heeft.

Een ander voorbeeld van een vleezigen wortelstok levert ons het geslacht *Iris*, waarvan eenige soorten bij ons in tuinen worden gekweekt, en één aan de randen van slooten en vaarten niet zeldzaam in het wild wordt aangetroffen. Hier is de wortelstok sterk vertakt en draagt aan het uiteinde van elk der goed ontwikkelde takken een aantal lange lintvormige bladen, die afwisselend links en rechts geplaatst zijn, en aan het geheel daardoor een zeer platte gedaante geven. In het midden van deze vereenigingen van wortelbladen komt later de bovenaardsche stengel met zijne fraaie, gele of blauwe bloemen te voorschijn. Tot op dit tijdstip zamelt zich al het door de bladen bereide voedsel in den wortelstok op, om tijdens de ontwikke-

Fig 28.



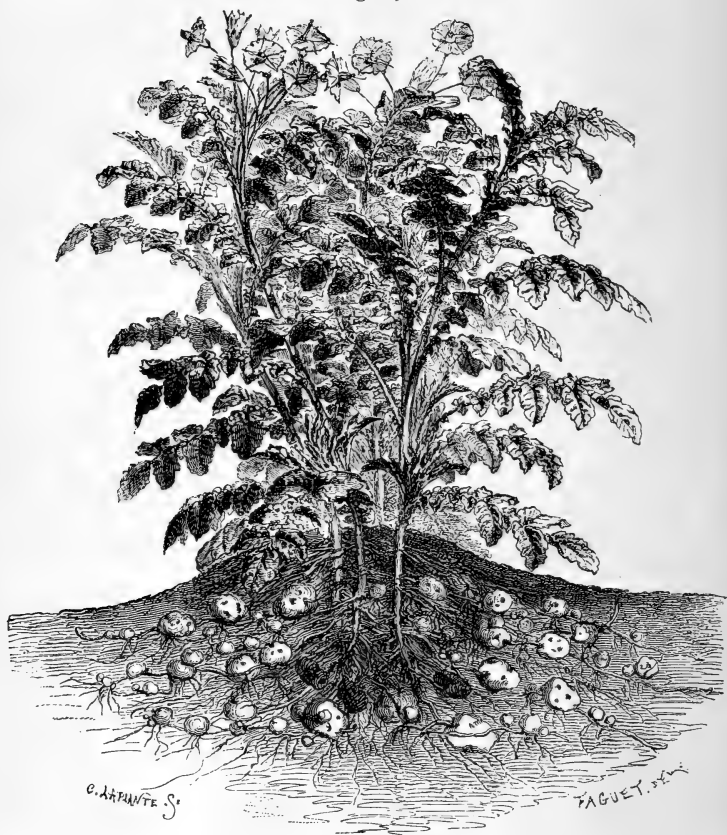
Iris. De vertakte wortelstok zendt talrijke wortelvezels in den grond af en draagt boven den grond de wortelbladen.

ling van den bloeisteng grootendeels te worden verbruikt. Het gevolg daarvan is dan, dat de oudste, het verst van de bladen verwijderde deelen van den wortelstok geheel leeg gezogen worden, waarna zij spoedig afsterven en verrotten. Telken jare groeit aan het eene uiteinde een nieuw deel aan den wortelstok aan, terwijl het achterste deel afsterft. Op deze wijze bestaat de wortelstok voortdurend uit vrij jonge deelen, en blijft zijne lengte ongeveer dezelfde. Hetzelfde geldt natuurlijk ook van de wortelstokken van andere planten.

Wanneer van een wortelstok slechts een gedeelte vleezig wordt en tot een veel grootere dikte aanzwelt dan de aan grenzende deelen, noemt men dit orgaan een knol. Ook kan het gebeuren dat een geheele wortelstok op die wijze in een knol veranderd is, in welk geval hij èn door zijn vorm, èn door de eigenschap van niet bij gedeelten, maar in eens, bij de ontwikkeling der knoppen te worden uitgezogen, van den eigenlijken wortelstok gemakkelijk kan worden onderscheiden. Knollen van de eerste soort zijn de aardappels (fig. 29 en 30); terwijl de crocussen ons voorbeelden van die der tweede soort aanbieden. Wanneer een aardappelplant zich uit een zaad ontwikkelt, ontvouwt zij hare beide zaadlobben, tusschen welke het pluimpje als de aanleg van den stengel voor den dag komt. Het worteltje groeit naar beneden en vertakt zich in den grond. In den hoek dien de beide zaadlobben met elkander maken, ontstaan, naast het pluimpje, weldra eenige knoppen, die zich tot zijtakken van den stengel ontwikkelen. Deze zijtakken buigen zich eerst over, daarna in den grond, en groeien in een schuinsche richting naar beneden voort. Nadat zij daarbij een zekere lengte verkregen hebben, houden zij op met zich verder te verlengen, doch groeien daarentegen aan hun top zeer sterk in de dikte. Op deze wijze ontstaan aan een kiemplant van een aardappel de eerste aardappels. Deze zijn nog zeer klein. Later vormen zich krachtiger zijtakken van den stengel tot wortelstokken, en brengen aan hun top krachtiger knollen voort, die weldra de grootte van gewone aardappels bereiken. Dikwijls vertakken zich deze wortelstokken ook, waardoor natuurlijk het aantal aardappels vergroot wordt, daar

eindelijk elke tak er weer een aan zijn top doet ontstaan. Aan een gewonen aardappel (fig. 30) ziet men een aantal zooge-

Fig. 29.



Aardappelplant, met bovenaardsche bebladerde stengels, en onder den grond groeiende wortelstokken, waaraan zich de aardappelen ontwikkelen.

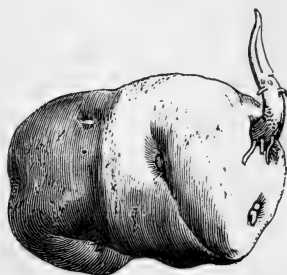
noemde oogen. Het zijn, gelijk men weet, de plaatsen, waar zich later, bij het uitloopen, de nieuwe stengeldeelen zullen

ontwikkelen. Elk oog is de kiem van zulk een stengel, of, gelijk men dit gewoonlijk uitdrukt, een knop. Poot men in het voorjaar een aardappel, of ook maar een stuk van een aardappel met één of meer oogen, dan ontstaat daaruit een geheele plant, die niet alleen bebladerde stengels, maar ook talrijke onderaardsche takken voortbrengt, die elk een nieuwen aardappel dragen.;

Het spreekt van zelf, dat in den knol het voedsel voor de ontwikkeling der stengels aanwezig is; een zeer duidelijk bewijs daarvan geven ons de looten, die aardappels niet zelden in onze kelders maken en die een lengte van een meter en meer kunnen bereiken, zonder dat zich in haar een spoor van groene kleurstof ontwikkelt. Daar nu noch in een donkeren kelder, noch bij gemis van groene kleurstof ontleding van koolzuur mogelijk is, moet al het voedsel, dat tot den opbouw van zulk een loot is moeten verbruikt worden, uit den knol zelve afkomstig zijn. Vandaar dan ook, dat zulke uitlopende aardappels dikwerf een rimpelige oppervlakte bekomen, daar de schil dan te wijd is, om zonder plooien den door het uitzuigen kleiner geworden inhoud te omspannen. Het behoeft wel geen vermelding, dat de voedingswaarde der aardappels door dit uitloopen aanzienlijk vermindert.

Beschouwt men een zoogenoemden Crocus-bol tijdens of kort na het bloeien, dan ziet men, tusschen eenige dorre, bruine schubben, een min of meer platte, ronde schijf, waarop een aantal kleine knolletjes zitten, die naar boven toe elk in een bundel bladen met of zonder bloemen uitloopen. Elk dezer kleine knolletjes is uit een knop van den grooten knol ontstaan; de laatste heeft het voedsel voor de bladen en bloemen moeten leveren, en wordt daarna door de kleine knollen geheel uitgezogen, tot hij ineenschrompelt en verrot. Daarbij

Fig. 30.



Aardappel. Uit een der oogen ontwikkelt zich een stengel.

worden de kleine knollen groot, deels door het uit den ouderen knol opgenomen voedsel, deels door de producten der koolzuur-ontleding, welke hun van uit de bladen worden toegevoerd.

Fig. 31.

Fig. 32.



Knol van Crocus.

Dezelfde, overlangs doorgesneden.

Van de hoeveelheid voedsel, die in hun weefsel wordt afgezet, hangt natuurlijk de kracht van hun groei in het volgende jaar af. M. a. w., hoe krachtiger de Crocus-bladen aan de bereiding van organisch voedsel arbeiden en hoe rijkelijker zij dit naar de jonge knollen vervoeren, des te grooter zullen deze worden en des te beter zullen zij in het volgende voorjaar bloeien. Wil men dus in het volgend jaar rijk bloeiende

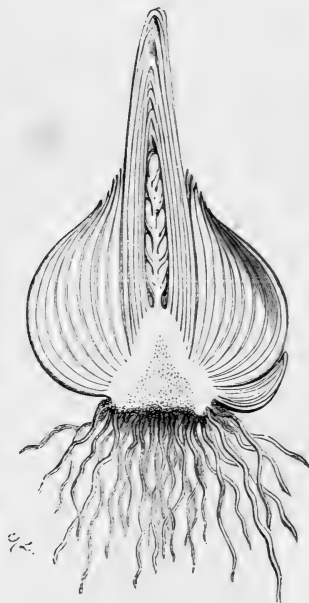
Crocussen hebben, zoo zorge men vooral in dit jaar de bladen niet eerder af te snijden, dan nadat zij van zelf beginnen te verdorren en te vergaan en hun rol dus volledig afgespeeld hebben. Deze zelfde regel geldt van hyacinten, tulpen en zoovele andere bolplanten, die in onze tuinen zeer goed verscheidene jaren achtereen kunnen bloeien, al is ook haar tros niet zoo gevuld of haar bloem niet zoo groot als in het eerste

Fig. 33.



Bol van een hyacint.

Fig. 34.

Bol van een hyacint overlans
doorgesneden.

jaar, nadat zij uit de kwekerij kwamen. Toch wordt tegen dezen regel niet zelden gezondigd. Een perk met bloembollen heet uitgediend, zoodra de laatsten uitgebloeid zijn; de bladen zijn nog wel groen, doch hun vorm is niet sierlijk en niet zelden liggen zij slap op den grond. Men snijdt ze dus maar

zoo spoedig mogelijk weg, neemt de bollen uit den grond en gebruikt het perk voor andere planten.

Zeer goed, zoo men de bollen niet meer gebruiken wil; doch moeten zij het volgend jaar weêr bloeien, zoo is het volstrekt noodzakelijk, ze hun bladen te laten, opdat zij voedsel genoeg kunnen maken en verzamelen voor den aanleg en de ontwikkeling der bloemen van het volgende jaar.

Een bol onderscheidt zich van een knol daardoor, dat in hem het voedsel niet in een vleezig ontwikkeld stengeldeel bewaard wordt, maar in dikke bladachtige organen, die aan een meest weinig ontwikkelden stengel bevestigd zijn. Om zich hiervan te overtuigen, doet men het beste een bol, b.v. van een hyacint, door te snijden. Snijdt men hem overlans door, dan ziet men (fig. 33) onderaan een wit kegelvormig lichaampje, waaraan alle overige deelen zijn vastgehecht. Dit is het stengeldeel. Van onderen zijn er talrijke wortelvezels aan bevestigd. Van ter zijde en van boven zijn er de dikke vleezige schubben aan gehecht, die aan haar top zich tot elkander neigen, en in het midden den eindklop omsluiten. Deze bevat den bloemtros in miniatuur; men kan in de afzonderlijke bloemen de belangrijkste deelen reeds duidelijk onderscheiden. Daar omheen liggen de jonge bladen, die later tot de groene bladen der plant zullen aangroeien. Zij onderscheiden zich van de omliggende schubben van den bol door grootere lengte en geringere dikte. Onze figuur toont daarenboven nog den aanleg van een nieuwen bol. Aan de rechterzijde onderaan ziet men namelijk een klein lichaampje, dat eveneens uit een aantal schubben opgebouwd is. Worden deze schubben met voedingstoffen gevuld en zwellen zij daarbij aan, zoo groeit het geheel tot een nieuwen bol aan; voorloopig is het dus nog slechts een knop. Ook in fig. 33 is zulk een knop duidelijk zichtbaar.

Snijdt men een hyacintenbol dwars door, zoo ziet men op de doorsnede een groot aantal, om hetzelfde middelpunt loopende kringen. Het zijn de grenzen der vleezige schubben, welke hier elk zoo groot zijn, dat zij den bol geheel of

ten minste grootendeels omvatten. In het midden ziet men weer den knop. De schubben van den bol eener hyacint bevatten een zeer groote hoeveelheid voedsel, gelijk door het microscopisch onderzoek gemakkelijk kan worden aangetoond. Deze hoeveelheid is veel grooter dan men allicht vermoeden zou. Zij is namelijk ruimschoots voldoende voor de geheele ontwikkeling van de bladen en den bloemtros, die in den knop besloten zijn. Men kan dit door een zeer leerrijke proef rechtstreeks bewijzen. Daartoe maakt men gebruik van de omstandigheid, dat planten in het donker geen organische stof uit anorganische verbindingen, met name uit koolzuur en water, kunnen maken. Men plant dus een hyacintbol in het najaar in een pot en zet dezen, zoodra de bol begint uit te loopen, in een donkere kast. De ontwikkeling wordt daardoor niet belemmerd of vertraagd. De bladen bereiken zelfs een grootere lengte dan onder gewone omstandigheden; hetzelfde geschiedt met den bloemstengel. Zij nemen echter volstrekt geen groene kleur aan, doch blijven bleekgeel; gelijk steeds bij in 't donker groeiende plantendeelen het geval is. Daarentegen nemen de bloemen ongehinderd haar normale kleur aan, hetgeen een zeer eigenaardige tegenstelling met de gele bladen en den stengel oplevert. Zijn de omstandigheden gunstig, zoo kunnen zich uit de bloem vruchten ontwikkelen, zoodat de plant alle perioden van haar leven doorloopt, zonder eenig ander voedsel te gebruiken, dan dat, wat in den bol opgespaard was. Dat deze hierbij leeg gezogen wordt en dus verschrompelt en verdort, behoeft wel niet gezegd te worden.

In de beschrijvende plantkunde onderscheidt men gerokte en geschubde bollen.

Tot de eerste behoort de hyacint, tot de tweede de lelie (fig. 35 en 36). De gerokte hebben groote schubben, die geheel of bijna geheel rondom den bol loopen; terwijl deze deelen bij de geschubde bollen slechts smal zijn, en elk dus maar een klein gedeelte van dit lichaam bedekken; daardoor liggen zij dakpansgewijze over elkander en veroorzaken zoo het geschubde uiterlijk van den bol. De oppervlakte der gerokte bollen is glad, en vertoont alleen aan het bovenste ge-

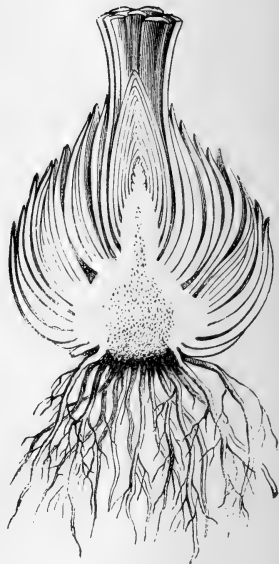
deelte ringen, daar hier de binnenste schubben iets hooger reiken dan de buitenste. Dat de inwendige bouw van beide

Fig. 35.



Bol eener lelie.

Fig. 36.



Bol eener lelie, overlangs doorsneden.

soorten van bollen in hoofdzaak dezelfde is, kan ons een vergelijking hunner overlangsche doorsneden in fig. 34 en 36 leeren. Ook bij de geschubde is het voedsel in de schubben afgezet. Ook deze vermenigvuldigen zich door kleine bolletjes, die zijdelings tusschen de schubben van den grooten bol ontstaan en waarvan fig. 36 ons er twee doet zien. Bij het afsterven van den ouden bol, ontwikkelen deze zich tot nieuwe bollen.

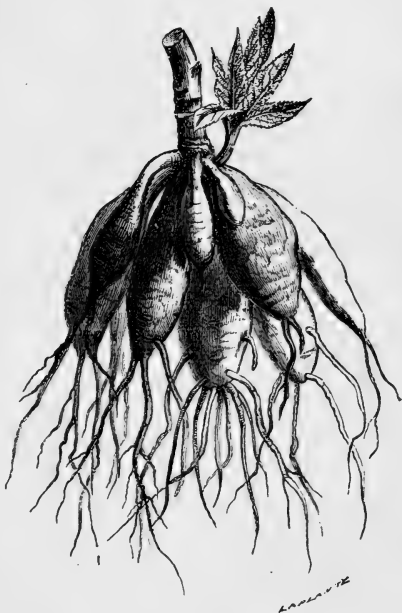
Bij een aantal overblijvende planten vormt niet de wortelstok het voedselmagazijn, maar is deze rol aan de wortels op-

gedragen. De wortelstok is dan slechts zeer weinig ontwikkeld, en meestal niet veel grooter dan tot aanhechting der wortels en van een of meer knoppen noodzakelijk is. Bij de gewone Dahlia blijft het onderste gedeelte van den verticalen stengel in leven, nadat het boven den grond ontwikkelde deel in het najaar afgestorven is. Aan dit deel zijn talrijke wortels bevestigd, die een min of meer spoelvormige gedaante bezitten, en aan hun uiteinde gewoonlijk in een aantal dunne wortelvezels uitloopen. In deze knolvormige wortels is het voedsel afgezet, dat voor de ontwikkeling der knoppen noodig is.

Zeer merkwaardig zijn de knolvormige wortels der Orchideeën. De Orchideeën vormen een der meest bekende plantenfamilies, waarvan een aantal soorten bij ons in warme kassen om den fraaien, en meestal zeer zonderlingen vorm der bloemen gekweekt worden. Een enkele soort, de Vanille, wordt om

hare vruchten, de zoogenoemde Vanillestokjes, in tropische streken gebouwd. Andere kleinere soorten komen in ons vaderland op weilanden, in bosschen of in duinen voor, waar zij dikwijls zeer algemeen zijn. Al deze inlandsche soorten zijn kleine, onvertakte gewassen, wier bebladerde stengel aan den top een tros of aar van roode of witte, bij enkele soorten ook anders gekleurde bloemen draagt. Een aantal van deze soor-

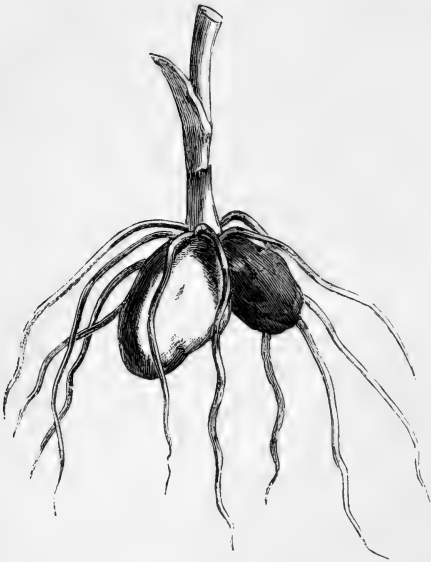
Fig. 37.



Knolvormige wortels der Dahlia.

ten bezit een dunnen wortelstok met talrijke wortelvezels; andere daarentegen zijn van vleezige wortelknollen voorzien. Deze zijn het, die hier een nadere beschouwing verdienen en van welke fig. 38 de onderaardsche deelen voor een der meest gewone soorten af beeldt. Men ziet hier, onder aan den stengel, een aantal

Fig. 38.



Knolvormige wortels van een Orchis.

dunne wortels, waartusschen twee wortelknollen gezeten zijn. In onze figuur zijn de beide knollen niet even groot; de grootste heeft een gladde oppervlakte, terwijl de kleinste duidelijk gerimpeld en ineengeschrumpeld is. Graaft men zulke Orchideeën op verschillende tijden des jaars uit den grond, zoo bespeurt men dat de beide knollen niet altijd dezelfde ontwikkeling bezitten. In het late najaar, na den dood van den bloeistengel, treft men slechts één knol aan, die een vrij aanzienlijke grootte

bezit, en door het overgebleven deel van den stengel in verbinding staat met een goed ontwikkelden knop, waaruit zich in het volgende voorjaar een nieuwe stengel zal ontwikkelen. Het is duidelijk, dat deze knol het voedselmagazijn voor den knop is. Deze zuigt hem dan ook uit, zoodra hij begint te groeien, en het duurt niet lang of de vroeger glad gespannen schil van den knol begint te rimpelen, omdat de verminderde hoeveelheid voedsel niet meer in staat is de geheele ruimte aan te vullen. In dezen tijd wordt, aan de andere

Fig. 39.

Gevlekte Orchis (*Orchis maculata*) met vertakte knolvormige wortels.

zijde van het onderende des stengels, een nieuwe knol zichtbaar, eerst zeer klein. doch weldra in grootte toenemend. Het duurt niet lang, of deze knol overtreft de eerste in grootte,

Fig. 40.



Raap (*Brassica Rapa*), op het einde van het eerste levensjaar.

en de in fig. 38 afgebeelde toestand is bereikt. De groei van den jongen knol, en de uitzuiging en inéenschrompeling van den ouden gaan voort, en weldra begint de laatste te sterven en te vergaan. Zijn rol is afgespeeld, zoodra hij al zijn voedsel aan de plant heeft afgegeven, en deze tot volkomen ontwikkeling is gekomen. De jonge knol wordt nu voortdurend voorzien van voedsel, dat in de bladen bereid is, doch hier wordt afgezet, om eerst in het volgende jaar gebruikt te worden. Wij hebben dus hier weer het merkwaardige verschijnsel, dat elke stengel zich voedt met het in het vorige jaar opgehoopte voedsel, en dat zijne bladen weer voor het volgende jaar werkzaam zijn, terwijl van hunne producten niets of slechts weinig in den loop van hetzelfde jaar verbruikt wordt.

Aan het slot onzer beschouwingen omtrent de onderaardsche bewaarplaatsen van voedsel bij de overblijvende planten gekomen, is het noodig nog met enkele woorden te vermelden, welke deelen bij tweejarige planten deze rol vervullen.

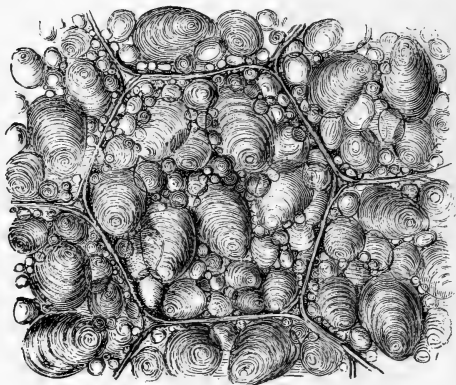
De gewone wortel of peen, de rapen, knollen en de beet-

wortels leveren ons voorbeelden van gekweekte tweejarige planten, die in het eerste jaar van haar leven groote hoeveelheden koolzuur uit de lucht opnemen en tot organische voedingsstoffen verwerken. Dit voedsel wordt in den vleezigen hoofdwortel afgezet, die uit het worteltje van het zaad ontstaan is en steeds recht naar beneden groeit, doch in vorm al naar gelang der soort afwijkingen vertoont en nu eens meer tot het kegelvormige, dan weer meer tot het kogelronde nadert. Schijnbaar zitten de bladen op het bovenste uiteinde van den wortel ingeplant. Doch wij weten dat de wortel nooit bladen draagt, maar dat deze uitsluitend aan stengelorganen ontwikkeld worden. De bladdragende top is dus het onderste deel van den stengel, dat echter slechts weinig in grootte toegevoegen en met den wortel als het ware tot één geheel versmolten is. Gewoonlijk root men de planten aan het einde van den eersten zomer, dus op het tijdstip dat de hoeveelheid opgestapeld voedsel zoo groot mogelijk is. Gaan wij na, wat er met zulke planten gebeurt, zoo men ze zich ook gedurende het tweede jaar laat ontwikkelen, iets wat natuurlijk steeds daar gebeurt, waar men zaad wenscht te winnen. De wortelbladen van den eersten zomer zijn in den winter afgestorven. De plant brengt een langen hoogen stengel met nieuwe, doch weinig talrijke bladen voort; aan den top draagt deze stengel een bloemgroep, in den vorm van een pluim, een tros of een scherm, al naar gelang der soort. De groei van den stengel en de bloemgroep geschiedt zeer snel; daarbij wordt het voedsel, dat in den vleezigen wortel bewaard was, in korten tijd bijna geheel verteerd, en wat er nog overblijft, dient verder voor den bloei der bloemen en het afzetten van voedende bestanddeelen in de zaden. Met het rijp worden van deze is de wortel geheel leeggezogen en het leven der plant ten einde. In korte trekken kunnen wij het leven van tweejarige planten dus schetsen door te zeggen, dat zij in het eerste jaar ontkiemen en door hare bladen een groote hoeveelheid voedsel maken en in den wortel opstapelen; in het tweede jaar ontwikkelen zij haar stengel, bloemen en zaden ten koste van het bewaarde voedsel. Het eerste jaar is dus aan

de voeding, het tweede aan de voortplanting der soort gewijd.

Er blijft ons nog over een blik te werpen op den microscopischen bouw der onderaardsche bewaarplaatsen van het plantenvoedsel en op de daarin afgezette voedingsstoffen zelve. In dit opzicht bestaat echter een zoo groote overeenkomst, èn tusschen deze organen onderling èn tusschen hen en de reeds vroeger beschreven stapelplaatsen van het voedsel in de zaden, dat wij hierbij niet lang behoeven stil te staan. Cellen van verschillenden vorm, meestal grootendeels met

Fig 41.



Celweefsel van een aardappel (*Solanum tuberosum*); de cellen zijn gevuld met ovale zetmeelkorrels met een excentrisch kernvlekje en daaromheen loopende lagen.

zetmeelkorrels gevuld, waartusschen zich een kleinere of grotere hoeveelheid eiwitachtige stoffen bevindt, zijn bijna steeds het beeld, dat het microscopische onderzoek ons vertoont. In enkele plantendeelen treft men de voedingsstoffen in een anderen toestand aan. Dit geldt met name van de suiker, die in beetwortels, penen en enkele andere wortels in het celvocht opgelost is.

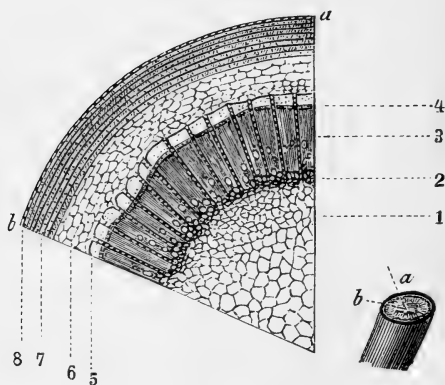
Vele planten met onderaardsche bewaarplaatsen van het voedsel bloeien in het voorjaar en ontwikkelen hare vruchten

en haar zaad in den vroegen zomer. Het overige deel van het jaar is gewijd aan de ontleding van koolzuur ten behoeve van het vervaardigen en verzamelen van voedsel voor de bloemen van het volgend jaar. Zoo b.v. de zoogenoemde Meniste-zusjes of Hoe-langer-hoe-lievertjes (*Saxifraga umbrosa*). Dit plantje, dat in onze tuinen niet zelden als rand rondom perken gekweekt wordt, heeft kleine kortgesteelde, bijna cirkelronde bladen van een donkergroene kleur, en van min of meer leerachtige zelfstandigheid; deze bladen zijn tot zeer dichte rosetten vereenigd. In het voorjaar bloeit het met hooge zeer losse pluimen van kleine bloemen, wier witte, fraai rood gestippelde bloembladen en roodachtig groene bloemsteelen een eigenaardigen tint van rose aan het geheel geven. Gewoonlijk worden de pluimen afgesneden zoodra alle bloemen uitgebloeid zijn, iets wat steeds aan te bevelen is, daar dan de plant geen voedingsstoffen voor het rijp worden van de vruchten en van het zaad kan verbruiken. Gedurende den bloeitijd trekken de Meniste-zusjes in tuinen zeer de aandacht en verdienen deze ten volle. Doch zoodra deze voorbij is, verliezen zij dezen voorrang en worden niet zelden zeer stiefmoederlijk behandeld. Ja, ik heb iemand gekend, die gedurende den bloeitijd deze planten dagelijks vlijtig begoot, doch ze daarna nooit meer van water voorzag, zoodat zij een groot deel der heete zomerdagen in verwelkenden toestand doorbrachten. Zoo wij ons nu herinneren, dat voor een krachtige bereiding van organisch voedsel, de frissche, waterrijke toestand der bladen een voorwaarde is, zoo zullen wij gemakkelijk inzien, dat bij de genoemde behandeling de planten slechts weinig voedsel konden maken en dus in het volgende jaar voor een rijken bloei onvolledig voorbereid zouden zijn. Ook na den bloeitijd hebben overblijvende planten aanspraak op zorgvuldige behandeling.

Onze boomen en heesters bezitten in den winter aan hunne jongste takken een aantal knoppen, die door bruine knop-schubben dicht omsloten en bedekt, en daardoor voor de nadeelige inwerking der koude beschermd zijn. Deze knoppen

zwellen in het voorjaar aan, de knobshubben barsten open, en uit elken knop treedt een jonge twijg met nog onontwikkelde bladen te voorschijn. In korten tijd heeft de jeugdige tak een vrij aanzienlijke grootte verkregen en zijne bladen geheel ontplooid, en de boom prijkt met het frissche voorjaarsloof, waarvan de fraaie geelgroene tinten zoo zeer tot de schoonheid van het voorjaarslandschap bijdragen. Eerst langzamerhand gaat dit geelgroen in donkergroen over, en verandert de voorjaardos in dien van den zomer. De langzame

Fig. 42.



Eenjarige tak van een paardenkastanje (*Aesculus Hippocastanum*). Het deel *ab* der dwarse doorsnede is afzonderlijk en vergroot voorgesteld. 1 Merg; 2 en 3 hout; 4 teeltweefsel; 5, 6 en 7 bast en schors; 8 opperhuid.

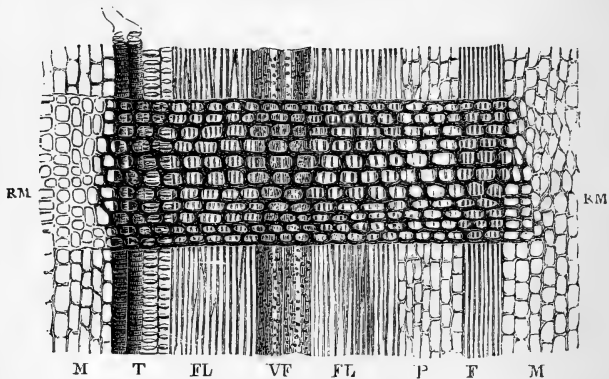
ontwikkeling van het bladgroen in de jonge bladen is daarvan de oorzaak. De snelle groei der twijgen en bladen tijdens het te voorschijn komen uit de knoppen moet natuurlijk geheel plaats vinden ten koste van voedsel, dat reeds vooraf in de takken aanwezig was. Eveneens behoeft de verdere ontwikkeling dit reservevoedsel, daar de ontleding van koolzuur in de jonge bladen nog geen voldoende hoeveelheden van bouwstoffen in dien korten tijd leveren kan. Wij moeten dus zoeken naar

de plaatsen, waar dit voedsel gedurende den winter afgezet was en mogen verwachten, dat dit vooral in de onmiddellijke nabijheid der knoppen, dus in de jongste, éénjarige, takken opgehoopt zal zijn.

Het microscopisch onderzoek bevestigt dit vermoeden en leert, dat verreweg de grootste hoeveelheid voedsel in de éénjarige takken neergelegd is, vooral in de nabijheid der knoppen, en dat men van hieruit naar de oudere deelen gaande, steeds minder en minder voedende bestanddeelen afgezet vindt. Het is daarom voor ons voldoende den bouw der eenjarige takken na te gaan. Snijdt men van een boom of van een heester, b.v. van een Paardenkastanje, een éénjarig takje af, zoo ziet men op de dwarsche doorsnede in het midden een wit merg, dat door verschillende kringen wordt omgeven. De binnenste van deze is de hardste, en doet zich door zijn vezelachtige structuur, die vooral bij het afbreken blijkt, als het houtlichaam kennen. Deze laag is omgeven door den bast en de schors, die van elkander met het ongewapend oog moeilijk te onderscheiden zijn. Het geheel is door een dun vliezig laagje bedekt dat in jonge takken de opperhuid is, doch in oudere, reeds bruin geworden takken meestal bestaat uit een kurklaagje, dat onder de opperhuid aangelegd en na het afsterven en afschilferen van deze aan de oppervlakte gekomen is. Den verderen bouw kunnen wij slechts door beschouwing van een dunne snede onder het microscoop leeren kennen. Daar zien wij, dat het merg uit groote cellen bestaat, waarvan de middelste geheel met lucht gevuld zijn, terwijl in de buitenste in den winter fijne korreltjes voorkomen. Door toevoeging van jodium nemen deze korreltjes een blauwe kleur aan en zijn dus zetmeel. In het houtweefsel vertoont ons de doorsnede (fig. 42) een aantal ronde gaten; dit zijn de doorsneden van luchtvoerende buizen, die in het hout evenwijdig loopen met de lengte-as van het takje en houtvaten genoemd worden. Tusschen deze zijn de houtvezels gelegen, wier inhoud eveneens ten deele lucht is; daarenboven vindt men hiertusschen bij vele soorten verspreide cellen, die zetmeelkorrels als inhoud bevatten. Ter onderscheiding van de houtvezels noemt

men deze houtcellen; beide, houtvezels en houtcellen; zijn wegens hare kleinheid in de figuur niet afgebeeld. In den houtring ziet men een aantal celreeksen, in de richting van stralen, die uit het middenpunt der cirkelronde doorsnede komen; zij loopen van het merg naar de schors en verbinden deze twee weefsels als het ware met elkander. Men noemt ze mergstralen, en neemt in hunne cellen gedurende den winter meestal een groote hoeveelheid zetmeel waar. Tusschen den houtring en de schors ligt het zoogenoemde teeltweefsel, aan welke de zorg voor den groei van het takje in de dikte is opgedragen. De schors zelve bestaat uit cellen van den vorm der mergcellen, die echter geen lucht bevatten, maar de voornaamste bewaarplaats voor het voedsel zijn. Zoowel zetmeel als eiwit, het laatste

Fig. 43.



Overlangsche doorsnede door een jong takje van den kleinen Ahorn (*Acer campestre*); M merg, T ring- en spiraalvaten, FL houtvezels, VF gestippelde houtvaten, P F M schorsweefsel, waarin F een bundel bastvezels voorstelt, FM mergstraal.

natuurlijk in geringere hoeveelheid, worden hierin aangetroffen.

Het zijn dus in de eerste plaats de cellen van het schorsweefsel, dan die der mergstralen, de buitenste mergcellen en enkele verspreide houtcellen, in welke het voedsel wordt afge-

zet. Bij de meeste inlandsche houtgewassen wordt dit voedsel juist in zoo groote hoeveelheid in deze cellen neergelegd, als voor de eerste ontwikkeling der jonge takken strikt noodzakelijk is. Van daar, dat men in het voorjaar, nadat de knoppen uitgelopen, en de jonge bladen en takken grootendeels ontwikkeld zijn, te vergeefs naar reserve-voedsel in de takken van het vorige jaar zoekt. Voor zooverre dit nog niet verbruikt is, is het reeds in de jonge looten overgegaan en op weg naar die plaatsen, waar het weldra verbruikt zal worden. De nieuwe afzetting van voedsel in deze cellen vindt eerst in den zomer en het najaar plaats, nadat de groei der takken in de dikte opgehouden heeft en het door de bladen bereide organische voedsel dus voor de ontwikkeling der plant niet meer rechtstreeks gebruikt behoeft te worden. Als de bladen afvallen, houdt de toevoer van voedingsstoffen natuurlijk op en gaan de takken hunnen rusttoestand in. Deze rust is echter slechts schijnbaar eene volkomene; in werkelijkheid vinden in de knoppen langzamerhand veranderingen plaats, die ze hoe langer hoe meer geschikt maken, om zich in het voorjaar krachtig te ontwikkelen.

Nadat wij in het voorgaande de tijdelijke bewaarplaatsen van het voedsel uitvoerig besproken hebben, kunnen wij onze aandacht wijden aan de beweging van het voedsel naar deze plaatsen toe, en aan den weg, dien het daarbij volgt. Wij hebben reeds vroeger gezien, dat het anorganische voedsel door de wortels wordt opgenomen, terwijl het organische het product van de koolzuur-ontleding is, welke voor verreweg het grootste gedeelte in de bladen plaats vindt. Deze beide organen zijn dus de uitgangspunten voor de beweging van het voedsel. De richting, waarin het zich beweegt, wordt natuurlijk bepaald door de plaatsen van verbruik of afzetting, dus 1^o door de jonge, nog groeiende deelen, 2^o door de bewaarplaatsen van het voedsel. Uit deze gegevens kan men in elk bijzonder geval den weg, dien de bouwstoffen in het plantenlichaam volgen, gemakkelijk afleiden en het is dus niet noodig,

dat wij hier langer bij stilstaan. Doch het is niet genoeg te weten, dat het voedsel zich door de nerven van het blad, in den bladsteel en van daar door den stengel, hetzij opwaarts naar de knoppen en jonge deelen, of afwaarts naar de wortelstokken of knollen beweegt; wij moeten ook de vraag beantwoorden, of alle cellen, waaruit deze deelen bestaan, in gelijke mate door het voedsel doorloopen worden, of dat slechts bepaalde cellen of celgroepen den eigenlijken weg voor deze verplaatsing vormen. In het laatste geval moeten wij deze bijzondere deelen aan een nadere beschouwing onderwerpen.

Een zeer eenvoudige proef kan ons bij deze vraag een niet onbelangrijk punt van uitgang voor verdere onderzoekingen geven. Iedereen weet, dat gedurende den zomer de bast van boomtakken gemakkelijk van het hout kan afgenomen worden. Het schijnt bij dit afnemen als waren beide deelen slechts door een dun geleiachtig laagje zonder organisatie aan elkander verbonden. In werkelijkheid bestaat dit laagje uit cellen en is het het teeltweefsel, dat wij reeds in eenjarige takken hebben leeren kennen als gelegen op de grens tusschen hout en schors. Maakt men nu om een takje, op korten afstand van elkander, twee ringvormige insnijdingen, die tot op dit teeltweefsel reiken, doch het hout zoo weinig mogelijk beschadigen, zoo zal men de schorsring tusschen beiden zonder moeite kunnen afnemen. Deze operatie is voor den tak meestal niet doodelijk, ten minste niet in de eerste jaren nadat zij gedaan werd. De gemeenschap tusschen de bladen van onzen tak en de overige deelen der plant wordt echter nu nog slechts door het hout gevormd. Gaan dus de voedingsstoffen door het hout, zoo zal deze ringvormige ontschorsing haar beweging niet, of ten minste slechts in geringe mate, belemmeren, gaan zij echter door de schors, zoo zullen zij aan de bovenzijde der ontschorsing worden opgehouden.

Doen wij deze proeven in het voorjaar, kort na het uitloopen der bladen, en snijden wij de takjes eerst in het late najaar af, om ze microscopisch te onderzoeken, zoo vinden wij de volgende verschijnselen. Aan den bovenrand der ringsnede is een aanzwelling ontstaan, die gedeeltelijk uit hout,

gedeeltelijk uit schorsweefsel bestaat en die naar boven toe slechts zeer langzaam smaller wordt. In hout en schors is hier veel zetmeel afgezet en in het laatstgenoemd weefsel treft men eveneens eiwitachtige stoffen in niet onbelangrijke hoeveelheid aan. Boven de genoemde aanzwelling is de jaarlijksche dikte-groei in den laatsten zomer bijzonder krachtig geweest. Onder de ringsnede heeft daarentegen bijna geen verdikking plaats gevonden, eiwit en zetmeel zijn er evenmin afgezet, noch in de schors, noch in het hout. Wij komen dus tot de conclusie, dat de ringvormige ontschorsing den loop der voedingsstoffen afgebroken heeft; dat zij boven deze plaats opgehoopt zijn en daar tot den krachtigeren groei hebben aanleiding gegeven, terwijl hare afwezigheid onder de ringsnede het gemis aan houtgroei aldaar verklaart. Dit bewijst ons dus, dat de weg dier stoffen in het schorsweefsel moet gezocht worden.

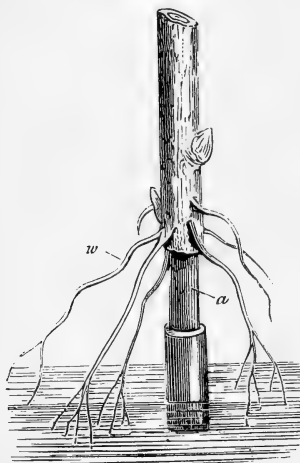
Het moge vreemd klinken, dat het afnemen van een bast-ring niet door het afsterven van het boven de wond gelegen deel van den tak gevolgd wordt. Toch is dit werkelijk zoo, en berust op deze waarheid zelfs een bewerking, die bij de cultuur van ooftboomen niet zelden wordt aangewend en welke daarin bestaat, dat aan het onderende van een kleinen, bladen en vruchten dragenden tak, een ringvormige ontschorsing gemaakt wordt. Al het door de bladen bereide voedsel blijft dan boven deze ringsnede en zal dus in grootere hoeveelheid aan de vruchten worden toegevoerd, dan wanneer een gedeelte er van langs de schors naar de lagere deelen van den tak kon verplaatst worden.

De verklaring van de mogelijkheid van het voortgroeien der takken onder zoo ongunstige omstandigheden wordt daardoor gegeven, dat het water en het anorganische voedsel, dat uit de wortels en den stam naar den tak wordt gevoerd, zijn weg in het hout vindt en dus onbelemmerd voortgaat met zich te bewegen, zoolang het hout door den uitdrogenden invloed der lucht niet zelf afsterft. Dit laatste vindt echter slechts zeer langzaam plaats en kan door zekere voorzorgsmaatregelen daarenboven nog aanzienlijk vertraagd worden.

Een tweede proef voert tot dezelfde uitkomst. Stekt men

takjes van boomen of heesters, zoo komen weldra aan hun ondereinde wortels te voorschijn. Stekt men ze in nat zand en overdekt men ze met een klok, zoodat de omgevende lucht zeer vochtig blijft, zoo ontstaan niet zelden wortels boven het zand. Steeds echter zijn de aan het ondereinde ontstaande wortels verreweg de krachtigsten. Maakt men nu, vóór het begin der proef, aan zulk een stek een ringvormige ontschorsing op eenigen afstand boven het onderste uiteinde, zoo ont-

Fig. 44.



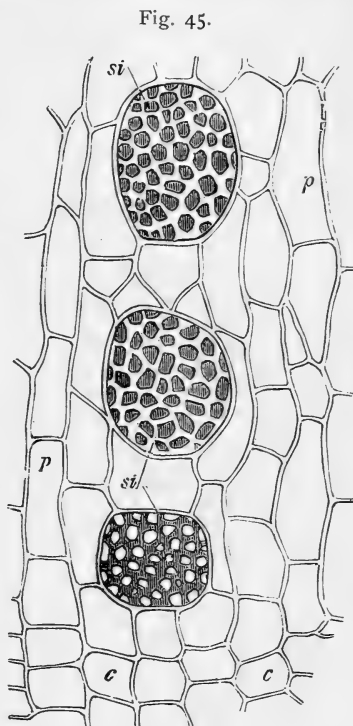
Een stek met ringvormige ontschorsing (*a*), in water; slechts boven de ringsnede zijn wortels (*w*) voortgebracht.

voedingsstoffen in de schors geleid worden, daar klaarblijkelijk het gemis van dezen toevoer de oorzaak is, dat zich onder de ringwonde geen of slechts kleine wortels ontwikkelen.

Is dus door deze beide proeven het bewijs geleverd, dat de verplaatsing van eiwitachtige stoffen en van zetmeel in de schors geschiedt, zoo mogen wij verwachten, dat het mogelijk

staan de wortels steeds boven deze plaats; hoogstens ontwikkelen zich enkele zwakke en klein blijvende wortels ook onder de wonde. Om deze verschijnselen gedurende het verloop der proef te kunnen waarnemen, kan men de stekken, in plaats van in zand, in water plaatsen. Men neemt dan een flesch met korten, wijden hals, vult ongeveer de helft met water, en sluit hem met een kurk, waardoor de stek gaat en die den stek tevens op een bepaalde hoogte vasthoudt. In de vochtige lucht boven het water kunnen de wortels zich even goed ontwikkelen als in het water (fig. 44). Vooral takken van populieren en wilgen zijn voor deze proeven geschikt, daar zij gemakkelijk wortel slaan. Deze proef bewijst ons weer, dat de

zal zijn, door microscopisch onderzoek deze stoffen op haar weg in de schors aan te treffen en daardoor tegelijkertijd die onderdeelen daarvan te leeren kennen, die meer in het bijzonder met deze verplaatsing belast zijn. Maken wij tot dit doel dunne sneden van de schors in overlansche en in dwarsche richting. De sneden moeten ongeveer 1—2 cellen dik zijn, en worden met zekere vloeistoffen behandeld, die aan de op te sporen stoffen bepaalde, kenmerkende kleuren geven. Als zoodanig kan men b. v. jodium-oplossing gebruiken; deze kleurt zetmeel blauw en eiwit bruin. Zoo behandelde doorsneden doen ons in de gewone cellen van het schorsweefsel een groot aantal zetmeelkorrels zien. Daarenboven leeren zij ons het bestaan van een bijzonder soort van organen, die zich voordoen als zeer lange buizen, in welke van afstand tot afstand dwarsche tusschenschotten worden aangetroffen, die een aantal fijne doorboringen vertoonen. Zulk een tusschenschot gelijkst daardoor vrij veel op een zeef,



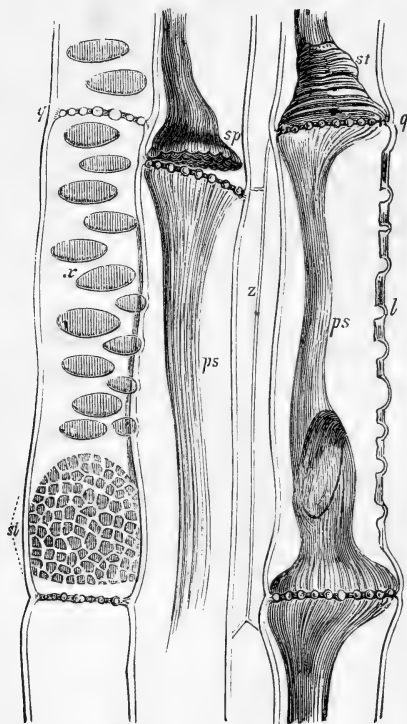
Dwarsche doorsnede door drie zeefvaten en het omliggende weefsel van een Pompoenstengel (*Cucurbita Pepo*).

De snede is juist op de hoogte der zeefvormige tusschenschotten genomen. Si = zeefplaten; p = celweefsel.

en daar men in de plantkunde, even als in de dierkunde, buizen gewoon is vaten te noemen, worden deze organen met den naam van zeefvaten bestempeld. Hun inhoud is geleiachtig, en wordt door jodium bruin gekleurd, waaruit men afleiden

mag, dat zij hoofdzakelijk uit eiwitachtige stoffen bestaat. In de zeefvaten beweegt zich dus het eiwit, in de omliggende gewone cellen vindt men het zetmeel.

Fig 46.



Overlangsche doorsnede door drie zeefvaten en de tusschenliggende cellen (*z*) uit den stengel van een Pompoen (*Cucurbita Pepo*). In twee der vaten is de eiwitachtige inhoud geteekend, nadat deze in alcohol sterk ingekrompen was (*ps*); *g* = doorgesneden zeefplaat; *x* en *l* = dunnere plaatsen van den celwand.

voedsel niet belemmert; een uitkomst, gesteld is aan die, tot welke de ons op pag. 96 beschreven

De juistheid van dit resultaat van het anatomisch onderzoek kan men ook proefondervindelijk aantonen. Hiertoe herhalen wij de in fig.44 voorgestelde proef met takjes van den oleander (*Nerium Oleander*). Deze bevatten namelijk aan de binnenzijde van den houtkoker, dus in het merg, bundels van zeefvaten, wier inhoud, gelijk het anatomisch onderzoek leert, eiwit is, terwijl de omliggende cellen van het mergweefsel zetmeel bevatten. De overige gewoonlijk in de schors, voorkomende weefsel-elementen worden hier in het hout of het merg evenmin aangetroffen, als bij andere boomsoorten. Het gevolg der proef is, dat de wortels hier onder de ringsnede ontstaan, dus dat deze de verplaatsing van het die dus juist tegenover-

proef voerde. Het is duidelijk, dat de bundels van zeefvaten in het merg, die bij de meeste boomen ontbreken, doch hier, gelijk wij zagen, voorkomen, de oorzaak van het verschil vormen, m. a. w. dat daarin, evenals in de omgevende, zetmeel bevattende cellen, de geleiding van het voedsel plaats vindt.

Onderzoeken wij het schorsweefsel van een aantal planten, zoo vinden wij bijna altijd zeefvaten met eiwitachtigen inhoud, en meestal zetmeel in grootere of geringere hoeveelheid in de omliggende cellen. Niet zelden bevindt zich in de laatsten echter een andere stof, die het zetmeel geheel of ten deele vervangt. Zoo vertoont b.v. het schorsweefsel van de stengels van een aardappelplant, en van de bladstelen van den beetwortel, druivensuiker in de plaats van zetmeel. Toch ontstaan in het bladgroen der bladen bij beide planten zetmeelkorrels; deze worden echter omgezet in druivensuiker, een stof, die in scheikundige samenstelling in hoofdzaak met zetmeel overeenkomt. In de aardappels wordt de uit den stengel aankomende druivensuiker weer in zetmeel veranderd, en als zoodanig afgezet.

In de beetwortels gaat de druivensuiker, zoodra zij uit den bladsteel komt in de cellen, waarin zij moet bewaard worden, over in rietsuiker, die zich vooral door de eigenschap van te kunnen kristalliseeren van druivensuiker onderscheidt. In samenstelling komen beide suikersoorten zeer nauw met elkander overeen.

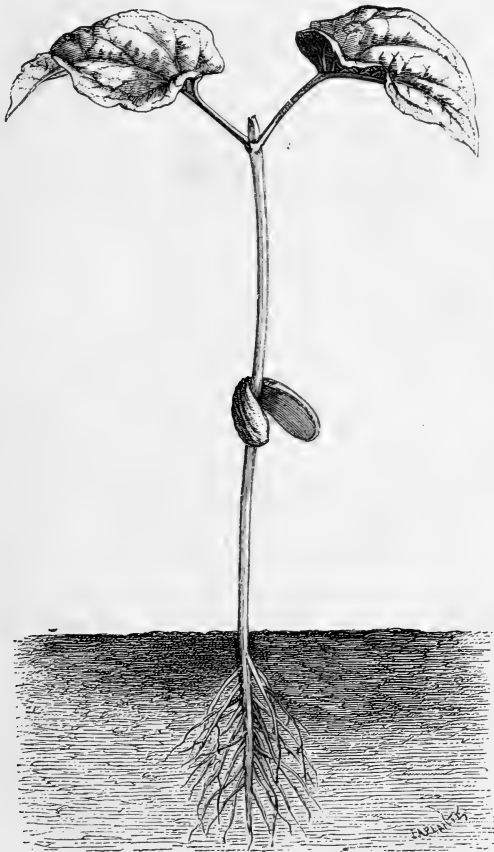
Het is duidelijk, dat de druivensuiker, als oplosbare verbinding, voor het vervoer door het celweefsel bij uitnemendheid geschikt is, terwijl daarentegen het zetmeel, overal waar het voorkomt, als reserve-voedsel moet worden beschouwd, daar het in het vocht der cellen onoplosbaar is, en dus niet als zoodanig van cel tot cel vervoerd kan worden. Waar het in de cellen der geleidende weefsels, of in de bewaarplaatsen van voedsel neergelegd is, is het steeds, door een scheikundige omzetting, uit de toegevoerde druivensuiker ontstaan.

DE BOUW EN DE VERRICHTINGEN DER WORTELS.

Onder wortel verstaat men in het dagelijksch leven ongeveer al die deelen eener plant, welke zich in den grond ontwikkelen, of, zoo zij boven de oppervlakte van den bodem ontstaan, recht naar beneden groeien, als om dien bodem zoo snel mogelijk te bereiken. Enkele in hoofdzaak met zulke wortels overeenkomende organen, die echter aan onze omschrijving niet voldoen, worden toch ook tot de wortels gerekend, b. v. de hechtwortels van de klimop. Een zoo vage begripsbepaling zou tot de schromelijkste verwarring aanleiding geven, zoo wij haar bij een nadere bestudeering der wortels wilden blijven gebruiken. Trachten wij dus een scherpere omschrijving voor het besproken begrip te verkrijgen en wel door eenig orgaan, waarvan het buiten allen twijfel zeker is, dat wij het wortel moeten noemen, met den stengel te vergelijken. Met bladen en bloemen toch zal niemand een wortel verwarren; met stengels gebeurt dit echter veelvuldig. Een orgaan, dat ongetwijfeld tot de wortels moet gerekend worden, is b. v. de kiemwortel, die bij de ontwikkeling van een zaad het eerst buiten de zaadhuid te voorschijn treedt. Kiezen wij b. v. een kiemplant van een of andere soort van boon (fig. 47). Hetgeen ons het allereerst in het oog valt, is, dat de wortel recht naar beneden groeit, terwijl de stengel recht omhoog gericht is. Doch dit onderscheid, dat voor den hoofdwortel van veel belang is, valt door de zijwortels weg. Deze kunnen in schuin

afwaartsche, of in horizontale richting groeien; niet zelden groeien zij zelfs schuin opwaarts. Daar nu vele takken van

Fig. 47.



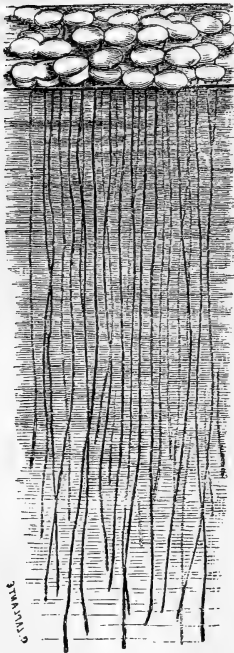
Kiemplant van een boon, met den wortel, den stengel, de zaadlobben, de eerste bladen en den eindknop.

allerlei planten en boomen horizontaal of schuin op- of afwaarts gericht zijn, is dit onderscheid niet als een doorgaand ken-

merk te beschouwen. Evenmin het, in 't begin genoemde feit, dat de wortels in den grond groeien: vele stengels toch bevinden zich in den grond, terwijl in de lucht hangende wortels geenszins zoo zeldzaam zijn, als men zich gewoonlijk voorstelt. Wij moeten dus naar andere kenmerken omzien.

De stengel bestaat uit geledingen, door zoogenoemde knoopen van elkander gescheiden, welke de eenige plaatsen vormen,

Fig. 48.



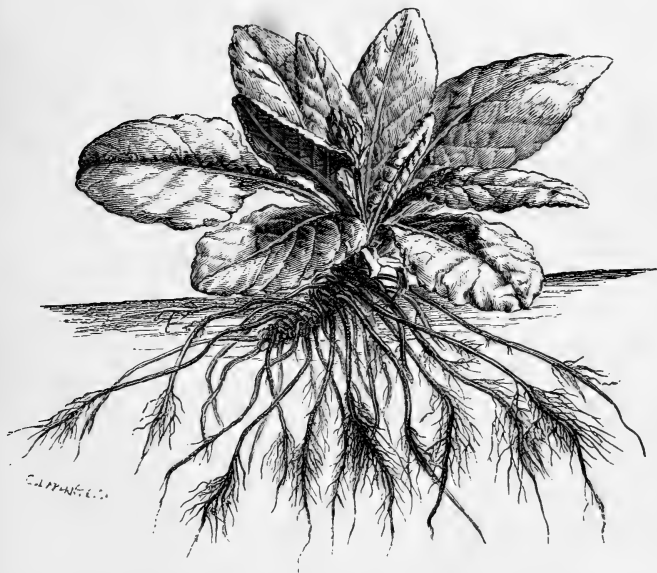
Eendenkroos.

waaraan bladen bevestigd zijn. In den hoek tusschen het blad en den stengel vindt men steeds een knop, die zich kan ontplooïen en dan tot een enkele bloem, of wel tot een tak met bladen of met bloemen, of ook met beiden uitgroeit. Van geledingen en knoopen leveren de stengels der granen zeer goede voorbeelden. De besproken knoppen treft men in het najaar kort vóór het afvallen der bladen zeer schoon bij onze boomen en heesters aan, waar zij, nadat de bladen afgevallen zijn, de plaats van vasthechting dezer organen nog gedurende den geheelen winter blijven aanwijzen. Geledingen, knoopen, bladen en knoppen komen bij den kiemwortel onzer boonplant geen van allen voor, en hierin hebben wij een reeks van kenmerken, die alle ware wortels van stengeldeel onderscheiden. Het is toch gemakkelijk in te zien, dat juist deze vier zaken het kenmerkende van een stengel vormen, waaruit volgt, dat slechts organen die ze alle vier missen, tot de wortels mogen gerekend worden.

Dit kenmerk maakt het ons mogelijk en gemakkelijk om onderaardsche stengeldeel van echte wortels te onderscheiden; zoo b. v. zijn de bollen van leliën en tulpen, de zoogenoemde

wortelstokken van het Salomonszegel (*Convallaria Polygonatum*) en het Lelietje van dalen (*Convallaria majalis*) onderaardsche stengeldeelen. Bij de beide eersten zijn vooral de bladachtige organen, de schubben der bollen, duidelijk waarneembaar, terwijl de natuur der beide laatsten het gemakkelijkst aan de geledingen en knopen herkend wordt. Waar ons echter dit kenmerk in den steek mocht laten, kunnen wij nog

Fig. 49.



Primula veris met talrijke, aan den wortelstok ontspringende bijwortels.

een ander vinden, dat echter slechts bij gave wortels of stengels toegepast kan worden. Ik bedoel het jongste uiteinde van beide soorten van organen. Bij den stengel is dit steeds een knop, waarin de aanleg van nieuwe stengeldeelen en bladen wordt aangetroffen. Zulk een knop ontbreekt natuurlijk bij de wortels. Toch is de top van een wortel niet naakt, doch bedekt door een kapvormig lichaampje, het wortelmutsje. Dit

orgaan is zoo klein, dat men het met het ongewapend oog nog slechts even duidelijk waarnemen kan, b. v. bij de vrij in het water hangende wortels van eendenkroos (*Lemna*), waar de uiteinden der wortels door dit mutsje dikker schijnen te zijn, dan de wortels zelve.

Elke wortel, die ontstaat door de verlenging van het worteltje, dat in het zaad besloten lag, heet hoofdwortel, alle andere wortels zijn

Fig. 50.



Penwortel.

Fig. 51.



Vleezige wortel van de raap (*Brassica Rapa*).

bijwortels. Deze kunnen takken van den hoofdwortel zijn, of hun oorsprong uit den stengel of zijne takken nemen. Zij zijn het, die voor de plant het voedsel uit den bodem putten, wanneer de hoofdwortel afgestorven is, gelijk zulks bij overblijvende planten het geval is. Het is dan vooral aan den on-

deraardschen stengel of den zoo genoemden wortelstok, dat de bijwortels zijn vastgehecht. (Zie fig. 49).

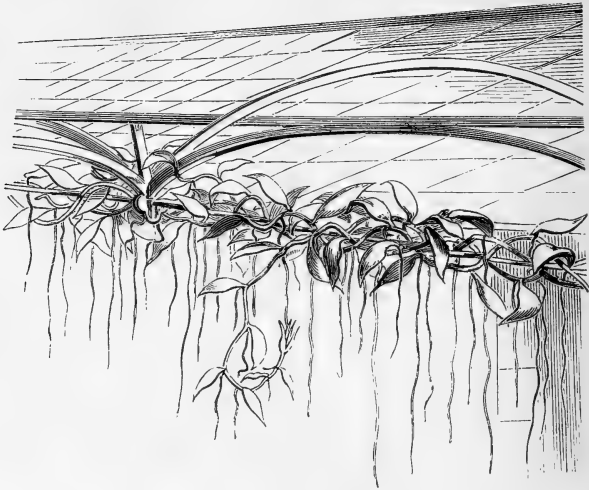
De hoofdwortel groeit meestal verticaal naar beneden; is hij daarbij aan zijn bovenste uiteinde dik, zoo neemt hij een lang-kegelvormige gedaante aan en draagt dan den naam van penwortel. Niet zelden zwelt hij over een grooter of kleiner deel zijner lengte sterk aan en wordt daarbij in meerdere of mindere mate vleezig, waarbij zijne cellen zich met voedingsstoffen vullen. Dit komt vooral voor bij tweejarige planten, zooals de gewone wortels (peen), de radijs en de rapen (fig. 51), bij welke in het eerste levensjaar door de bladen een zekere hoeveelheid voedselstoffen gemaakt wordt, die in den wortel opgestapeld worden, ten einde ze in het volgende jaar gereed te vinden en voor een snelle ontwikkeling van den stengel en de bloemen te kunnen gebruiken.

Ook bijwortels zijn soms dik en vleezig en gedurende den winter belast met het bewaren van voedsel, b. v. bij de Dahlia's. Meestal zijn zij dunne, vezelachtige draden, die zich overal in den grond verspreiden en min of meer sterk vertakt zijn. De bijwortels van boomen en heesters worden houtig en dik, evenals de stammen dezer planten.

Een aantal van de meest merkwaardige vormen van wortels ontwikkelt zich niet in den bodem, gelijk voor de meeste wortelorganen regel is. Vooreerst moeten wij hier aan de wortels van drijvende waterplanten herinneren, die vrij in het water afhangen, en óf in het geheel niet (fig. 48) óf eerst na het bereiken van een zekere lengte in den bodem van de sloot of vijver, waarin de plant groeit, indringen. In de tweede plaats moeten de luchtwortels genoemd worden, die, evenals de waterwortels, nu eens steeds vrij in de lucht naar beneden hangen, dan weer zich zoo sterk verlengen, dat zij den grond bereiken en zich in dezen vertakken kunnen, om zodoende nieuw voedsel aan de plant toe te voeren. Een voorbeeld van luchtwortels der eerste soort leveren zeer vele tropische Orchideeën, planten, die om hare zonderling gevormde, fraai gekleurde en dikwerf welriekende bloemen een sieraad van onze warme kassen uitmaken. Een van haar, de vanille (fig. 52),

is door hare geurige vruchten, de vanillestokjes, in tropische landen een belangrijke cultuurplant geworden, en wordt ten gevolge daarvan in kassen veelvuldig aangetroffen. Luchtwortels,

Fig. 52.

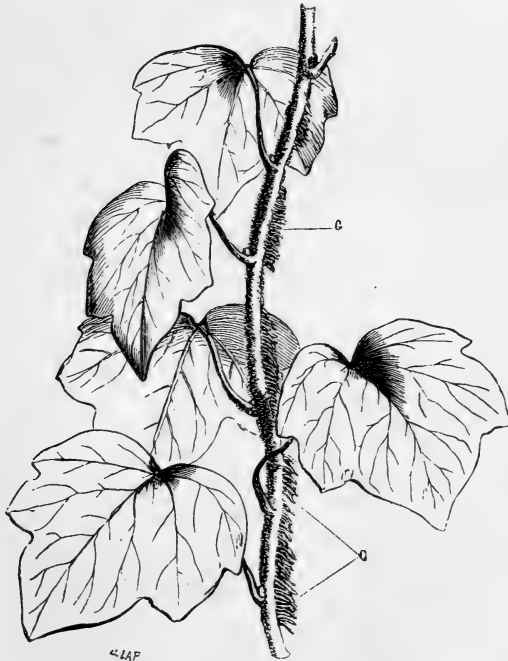


Tak van vanille (*Vanilla aromatica*) met luchtwortels (in een broeikas).

die in den grond dringen, bezitten vele indische soorten van vijgenboomen, reusachtige gewassen, wier kroon te uitgestrekt en te zwaar is, om door den stam alleen gedragen te worden, maar die een aantal wortels van uit de takken recht naar beneden laten groeien. Deze wortels worden spoedig houtig, nemen op dezelfde wijze als de stam in dikte toe en moeten als zoovele nieuwe steunpilaren voor de zware takken worden beschouwd. Een ander voorbeeld van in den grond dringende wortels levert een plantje, dat onder den naam „mosplantje”, of „engelsch mos” (*Selaginella denticulata*) veelvuldig in kamers gekweekt wordt, waar het b.v. gebruikt wordt tot bedekken van de aarde van potten, waarin grootere gewassen groeien. Ofschoon in uiterlijk wel eenigszins op mos gelijkende, is het toch nauwer met de

varens en wolfsklauwachtige gewassen verwant, dan met de mossen. Aan zijn platte stengels, met kleine blaadjes, die in vier, twee aan twee tegen elkander gedrukte rijen geplaatst zijn, kan men het gemakkelijk herkennen. De luchtwortels zijn hier dun en teêr, en niet zelden gaffelvormig vertakt, in den

Fig. 53.



Klimoptakje met hechtwortels (c).

grond gekomen maken zij een dichten bundel van zijtakken.

Tot de luchtwortels zoude men ook de hechtwortels van het klimop kunnen rekenen. Zij ontstaan aan de schaduwzijde van die takken, welke zich plat tegen een muur, een boomstam of een ander voorwerp aanleggen. Hunne toppen groeien zoo

stevig aan deze lichamen vast, dat men eerder den tak van het klimop verscheurt, dan de hechtwortels bij het afrukken doet losbreken. Zij ontstaan niet alleen aan de knoopen, zooals gewoonlijk met bijwortels het geval is, maar langs de ge-

Fig. 54.

Vogellijm (*Viscum album*) op een peerentak.

heele lengte der geledingen. In hun steunsel dringen zij niet in en zuigen daartuit dus ook geen voedsel of vocht, zoodat een klimop-plant, die langs een boom groeit, voor dezen volkomen onschadelijk is, zoolang hij de takken niet omslingerd, of door zijtakken omwindt, en zoo hun' diktegroei belemmert.

Andere soorten van planten bezitten wortels, die wel in het

steunsel indringen, zoo dit een levend plantendeel is, en er hun voedsel uit putten. Planten die zulke wortels bezitten heeten woekerplanten en zijn in den regel hoogst schadelijk voor de gewassen, waarop zij zich nestelen. In het zuiden van ons vaderland treft men op peerenboomen en op populieren niet zelden de vogellijm aan (fig. 54), een heesterachtige plant met smalle leêrchtig groene bladen, die in het najaar talrijke witte bessen draagt, welker slijmige zelfstandigheid ze gemakkelijk aan takken doet kleven, in welke de uit de zaden ontstaande kiemplanten hare wortels indrijven moeten. Niet zelden ziet men boomgaarden in kwijnenden toestand ten gevolge van het groote aantal dezer parasieten, die de takken uitzuigen en de voor de ontwikkeling van bladen en vruchten bestemde voedingsstoffen in zich opnemen en tot hun eigen groei gebruiken.

Nog moet hier melding gemaakt worden van de wortels van afvalplanten, dat zijn die bleekgele gewassen, die in blad-aarde of tusschen rottende bladen leven en daaruit al hun voedsel trekken. Hunne dikke vleezige wortels zijn kort en weinig vertakt en in den regel dicht inééngedrongen, zoodat zij soms min of meer op een vogelnestje gelijken, aan welke eigenschap een dezer soorten haar naam te danken heeft (vogelnestje, *Neottia Nidus avis*).

Keeren wij echter tot de eigenlijke wortels terug en laten wij al deze bijzondere vormen van luchtwortels, hechtwortels, zuigwortels enz. ter zijde, daar zij van de gewone wortels èn in hun bouw èn in hunne verrichtingen in zoovele opzichten afwijken, dat een zelfde beschrijving niet wel voor allen kan worden gegeven. Zij zijn steeds ingericht voor het eigenaardige doel, dat zij in het leven dier planten te verrichten hebben en dat van de werkzaamheden van de eigenlijke wortels steeds in meerdere of mindere mate afwijkt.

De eigenlijke wortels eindigen meest in fijne draden, wortelvezels genoemd (fig. 49), die dikwijls in zoo groot aantal voorhanden zijn, dat zij den grond als met een dicht viltwerk doortrekken en de losse deelen van den bodem vast aan elkander hechten. Deze wortelvezels zijn de organen, die

de uit den bodem de benoodigde stoffen opnemen, terwijl de dikkere deelen der wortels aan deze opslorping geen of slechts een gering aandeel hebben en hoofdzakelijk slechts tot geleiding van het opgenomene naar de overige deelen van het plantenlichaam dienen. Zij zijn het dus, die wij vooral aan een nadere beschouwing moeten onderwerpen. Aan hun uiteinde treffen wij het reeds besproken wortelmutsje aan. Dit doet zich voor als een dun kapje, dat den uitersten top van den wortel omgeeft en kan bij waterplanten met het ongewapend oog, doch veel beter bij een geringe vergrooing waargenomen worden.

Fig. 55.



Uiteinde van een wortel van *Pontederia*, met wortelmutsje en centraalen vaatbundel.

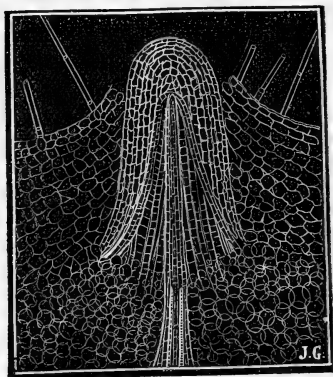
Onze figuur (fig. 55) stelt een uiteinde van een wortel van *Pontederia* voor, een drijvende waterplant uit de Indische rivieren, die om de merkwaardige, blaasvormig opgezwollen bladsteelen bij ons in warme kassen gekweekt wordt. De wortels dezer plant zijn zeer eenvoudig van maaksel, uit weinige grootte cellen opgebouwd; in hun midden bezitten zij een vaatbundel, welks spiraalvaten in de figuur donker geteekend zijn. De breedere top is het wortelmutsje, dat het teedere uiteinde van alle zijden omgeeft en beschermt. In dit uiteinde toch is de plaats gelegen, waar voortdurend de nieuwe cellen aangelegd worden, door welker groei de wortel in lengte moet toenemen. Duidelijker is de bouw van dit uiteinde te zien op overlangsche doorsneden door het midden van een worteluiteinde gemaakt. Men ziet hier in de eerste plaats, dat de wortel zelf uit een centralen vaatbundel en een grootcellig schorsweefsel bestaat, welk laatste door een opperhuid bedekt is. De centrale vaatbundel bestaat uit vaten en lange dunne cellen en loopt aan zijn top spits toe. Eveneens wordt het schorsweefsel aan den top van den wortel steeds dunner, zoodat het met den vaatbundel in een ge-

meenschappelijken top uitloopt, die slechts uit weinig cellen bestaat. Deze top is door de opperhuid omgeven, buiten welke het wortelmutsje tot bescherming dezer jeugdige deelen gelegen is, en bestaat uit een groep van kleine cellen, die zich deelen kunnen. Daardoor ontstaan voortdurend nieuwe cellen, die zich aan de eene zijde aan het wortelmutsje aansluiten, aan de andere zijde echter tot verlenging van den wortel bijdragen. Deze groep van cellen noemt men daarom het vegetatie-punt. De cellen van het wortelmutsje worden naar onderen en naar buiten toe steeds grooter, haar onderlinge verbinding steeds lossen; na korteren of langeren tijd vallen zij af, zoodat de grootte van het wortelmutsje ongeveer dezelfde blijft. Een goede gelegenheid ter onderzoek van het wortelmutsje leveren ons de zijwortels in hun eersten aanleg. Deze ontstaan namelijk in het weefsel van den hoofdwortel, van den wortelstok of den stengel en moeten dus de buiten hen gelegen laag doorboren, voor zij vrij naar buiten kunnen treden. Zoolang zij nog binnen het weefsel liggen, of pas even aan de oppervlakte verschijnen, kan men ze gemakkelijk doorsnijden en heeft het wortelmutsje nog alle cellen, die er in aangelegd zijn, daar natuurlijk nog geen afslijten aan de buitenzijde kon plaats vinden (fig. 56).

Men meende vroeger, dat dit wortelmutsje voornamelijk met het opzuigen van het water en van de daarin opgeloste zelfstandigheden uit den bodem belast was, reden waarom het ook wel wortelsponsje werd genoemd. Later is het gebleken, dat het deze rol niet vervult, maar alleen tot bescherming van de groeiende en zich vermenigvuldigende cellen in den top der wortels dient. Met de opslorping is de buitenste cellenlaag der wortelvezels, hare opperhuid, belast, die daartoe gewoonlijk van talrijke haren voorzien is, waarvan in fig. 56 er eenige afgebeeld zijn. Zeer fraai zijn deze haren met het ongewapende oog aan wortels van drijvende waterplanten te zien, b.v. aan de kikkerbeet (*Hydrocharis Morsus Ranae*), waar zij aan alle zijden van den wortel recht uitstaan. Aan in den grond groeiende wortels komen deze wortelharen eveneens voor, doch hier moeten zij zich tusschen de zandkorreltjes, kleine steen-

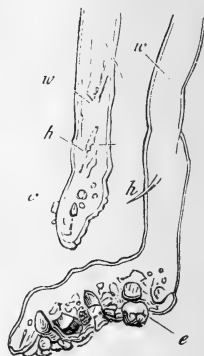
stukjes en verdere deelen van den bodem inwringen, waardoor hun vorm geheel afhankelijk wordt van de hun door deze gelaten

Fig. 56.



Overlangsche doorsnede door een wortelstok, op de plaats waar een zijwortel zich juist begint te ontwikkelen. In het midden ziet men den centralen vaatbundel.

Fig. 57.



Wortelharen van een kiemplant van tarwe, in een kleibodem gegroeid en met de zandkorrels en fijnere deeltjes van dien bodem vergroeid.

ruimte. Daarbij groeien zij niet eenvoudig tusschen deze vaste deelen in, doch hechten zich aan deze zoo vast, dat men ze er niet meer van scheiden kan; zij zijn, gelijk men zegt, er mede vergroeid (fig. 57). Van deze vergroeiing kan men zich zeer gemakkelijk overtuigen, wanneer men een plant met hare wortels uit den grond graaft, en de aarde er tusschen, door voorzichtig kloppen, verwijderd. Steeds blijven de jonge worteldeelen door een vrij dikke aardlaag omgeven, die ook door uitspoelen in water niet geheel kan weggenomen worden. Wat daarna overblijft, is door vergroeiing vast aan de wortelharen verbonden, gelijk het microscopisch onderzoek van zulke deelen overtuigend bewijst (fig. 57). Welk belangrijk nut deze vergroeiing met de deelen van den grond voor het opnemen van stoffen uit den bodem heeft, zullen wij later moeten bespreken. Aan oudere worteldeelen ontbreken deze haren, daar hun

leven niet van zoo langen duur is als dat der wortels zelve, en zij slechts eenmaal voortgebracht worden.

Het zijn dus de fijne wortelvezels en hare wortelharen, die met het opzuigen der voedende bestanddeelen uit den bodem, en van het voor de verdamping der bladen noodige water belast zijn. Daar zij vooral aan de jonge deelen der wortels voorkomen, is het noodig bij verplantingen vooral deze jongste deelen zoo ongeschonden mogelijk te bewaren. Deze belangrijke regel van den tuinbouw is tegelijk die, waartegen het meest gezondigd wordt. Bijna nooit geeft men zich de moeite een plant met alle wortels uit te graven en slechts zooveel aarde tusschen deze weg te schudden als gemakkelijk loslaat. Vandaar dat planten, die tijdens het verplanten bladen dragen, bijna altijd kort na deze bewerking verwelken, daar de bladen slap worden, zoodra hun door de wortels niet de noodige hoeveelheid water wordt toegevoerd. Duurt dit verwelken slechts kort, zijn de wortels zoo weinig beschadigd, dat zij spoedig weer het noodige water opnemen, zoo hindert het de plant niet veel; duurt het lang, zoo kan het aanleiding tot verdrogen en verdorren geven, waardoor de voeding der plant, die haren hoofdzetel in de bladen heeft, natuurlijk veel zwakker wordt. Verplant men een gewas zonder eenige verwonding der wortels, zoo behoeft dit verwelken ook niet in de geringste mate plaats te vinden. Vooral bij het verplanten van boomen worden de wortels op de schromelijkste wijze verminkt. En daar aan de dikke worstelstammen slechts zeer weinig kleine worteltakjes met wortelvezels zitten, is dit hier van zooveel grooter nadeel. Als om de kroon op het werk te zetten, worden dan nog takken uit de kroon weggehakt, daar men wel weet, dat de verminkte wortels geen water genoeg voor het onderhoud van alle bladen kunnen opzuigen. Dat hierdoor de voeding en dus ook de groei van den boom op dubbele wijze verminderd wordt, springt terstond in het oog. Boomen kunnen zeer goed zonder eenige andere verminking dan het afhakken van enkele al te lange wortels verplant worden, en het verdient steeds aanbeveling deze voorzorg te gebruiken boven een vrijwillige onderwerping aan de groote kans, dat het exemplaar de verplanting

niet lang overleven zal, en de zekerheid, dat het, in het gunstigste geval, in de eerste jaren nog slechts een kwijnend leven leidt. Het feit, dat zware boomen, met groote kroon en een uitgebreid wortelstelsel, in Amsterdam en elders tot het versieren van straten en het aanleggen van parken verplant worden, is wel een bewijs, dat de jongere, zooveel gemakkelijker te behandelen boomen, die gewoonlijk tot planting gebruikt worden, zeer goed en zonder nadeel aan deze bewerking kunnen worden onderworpen, zoo men maar de noodige zorg voor hunne wortels draagt.

In een vochtigen, vruchtbaren grond kan het gebeuren, dat de ontwikkeling der wortels zoo aanzienlijk is, dat zij door te sterke voeding de boomen tot sterke bladvorming en houtgroei aanzetten, doch, gelijk veelal daarmede gepaard gaat, op het ontstaan van bloemen en vruchten nadeelig werken. Is dit het geval met vruchtboomen, zoo is het noodig een of twee der grootste wortels dicht bij hun oorsprong af te hakken, gelijk in Engeland bij appel- en peerenboomen veelvuldig in praktijk wordt gebracht. Het schijnt, dat op hetzelfde beginsel van verminken der wortels, gepaard aan de cultuur in kleine potten en magere aarde, de bekende kunst der Chineezen berust, van allerlei plantensoorten die dwergachtige exemplaren te kweken, die een zoo belangrijke rol in hunnen tuinbouw spelen.

Wortels ontstaan zeer gemakkelijk aan allerlei deelen van een plant, zoodra deze zich slechts in een vochtige ruimte bevinden. Van deze eigenschap wordt in den tuinbouw veelvuldig gebruik gemaakt ter vermenigvuldiging van houtgewassen; vooral bij het stekken en marcotteeren. Het is hier de plaats niet, deze operatiën uitvoerig te bespreken, doch ik wensch er op te wijzen, dat stekken in vochtige aarde wortels voortbrengen, en daardoor tot nieuwe planten aangroeien. Evenzoo maakt een tak, dien men naar beneden buigt, doch zóó dat de top weer omhoog gericht is, aan zijn onderste gebogen gedeelte wortels, zoo men dit deel met vochtige aarde overdekt. Zijn de wortels krachtig genoeg ontwikkeld, zoo kan men den tak van de moederplant afsnijden en heeft dus een

Fig. 58.



Aralia. De bovenste tak heeft in het vochtige mos in den pot wortels gemaakt, en wordt van de moederplant afgesneden om tot een n'euwe plant te worden.

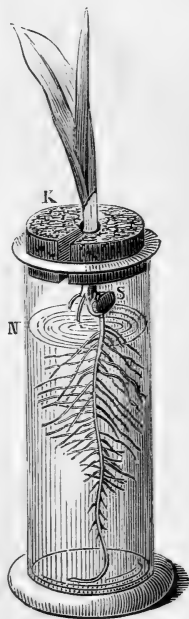
nieuw individu verkregen. Zijn de takken voor deze bewerking te hoog geplaatst, of kunnen zij niet goed gebogen worden, zoo gebruikt men de in fig. 58 afgebeelde methode. Op de plaats, waar men de wortels zich wil laten ontwikkelen, omgeeft men den tak met vochtig mos, dat door veelvuldig begieten nat gehouden wordt. Men kan dit eenvoudig aanbinden, of een zijdeling opengespleten bloempot om den tak bevestigen en dezen er mede vullen. Nadat de wortels goed ontwikkeld zijn, kan men den tak onder deze afsnijden en in aarde planten, waar zich de eenmaal ontstane wortels spoedig verder ontwikkelen.

Het is voor een nauwkeurige studie van de levensverrichtingen der wortels een groot bezwaar, dat zij zich slechts in den grond onder normale omstandigheden bevinden. De ondoorzichtbaarheid van deze omgeving maakt een geregeld voortgezette waarneming moeielijk, daar men de wortels niet telkens uitgraven en weer planten kan. Veel meer last ondervindt men echter bij het onderzoek naar de stoffen, die de wortels uit den grond opnemen. Deze stoffen laten zich zeer moeielijk volledig uit den grond verwijderen, en nog moeielijker is het nauwkeurig de hoeveelheid te bepalen, welke daarvan in een bepaalde grondsoort aanwezig is. Doch deze bezwaren zouden te overkomen zijn, ware het niet, dat zich daarbij een ander voegde, namelijk onze geringe bekendheid met den toestand, waarin de verschillende stoffen, vooral die welke voor het plantenleven het belangrijkste zijn, in den grond voorkomen. Voor een nadere uiteenzetting dezer bezwaren en der eigenschappen van den grond, waardoor zij vercorzaakt worden, verwijs ik naar een volgend hoofdstuk. Om al deze moeieligheden te ontwijken en tevens een zeer gemakkelijke methode voor het onderzoek van de eigenschappen der wortels te verkrijgen, heeft men getracht planten met geheele uitsluiting van grond of aarde te kweken, en ze hare wortels in water of in waterige oplossingen van verschillende zelfstandigheden te doen ontwikkelen. Het is duidelijk, dat men deze oplossingen naar willekeur samenstellen, telkens ververschen en onderzoeken kan, en zodoende steeds kan weten, wat men aan de plant ter opneming aanbiedt, en wat daarvan werkelijk

opgenomen wordt. Deze zoogenoemde waterculturen gelukken tegenwoordig steeds, nu men nauwkeurig bekend is met de voorwaarden, voor welke daarbij zorg gedragen moet worden. Zij spelen èn in de leer van de voeding der planten, èn vooral in de toepassingen dier leer op de cultuurplanten een zoo aanzienlijke rol, dat wij ze hier uitvoerig moeten bespreken. De volgens deze methode verkregen resultaten zullen ons dan de stof voor een afzonderlijk hoofdstuk leveren.

Men kan zaadkorrels, na ze in water bij gunstige temperatuur gedurende een of twee dagen geheel te hebben laten opzwellen, in vochtig mos of op een vochtigen doek, of op nat gaas, dat boven een wateroppervlakte hangt, gemakkelijk laten ontwikkelen. De worteltjes ontwikkelen zich een tijd lang zonder zich te vertakken of wortelharen voort te brengen, en dus zonder aan de omgevende voorwerpen vast te groeien. Tegen het begin der haarvorming doet men goed ze op een gaas te plaatsen, waarvan de mazen groot genoeg zijn om de wortels door te laten. Hangt men dit gaas dan op korten afstand boven een glas met water op, en plaatst men een klok over alles heen, ten einde de lucht vochtig te houden en te verhinderen dat de worteltjes verdrogen, zoo groeien zij weldra in het water en maken daar wortelharen en bijwortels. Het is daarbij noodig het zaad niet in het water, maar er boven in de lucht te houden, daar bij den groei in de zaden een krachtige ademhaling plaats vindt, voor welke, gelijk wij weten, de zuurstof der lucht onontbeerlijk is. Hingen de zaadlobben der zaden onder water, zoo zouden zij niet genoeg zuurstof kunnen opnemen en dus of slechts kwijnend

Fig. 59.



Kiemplant van Mais (Zea Mais) voor een watercultuur ingericht.

leven, of langzaam sterven. Zoodra niet alleen de wortel, doch ook de stengel met zijn eerste bladen ontwikkeld is, en de geheele kiemplant dus groot genoeg is, snijdt men de mazen van het gaas voorzichtig open en neemt de plant er uit, om haar op de in fig. 59 afgebeelde wijze verder te laten groeien. In de zijdelings tot in het midden ingesneden kurk K wordt de plant van ter zijde ingeschoven en bijv. met watten bevestigd, waarna een deel van het weggesneden reepje kurk weer in de insnijding geplaatst wordt. Nadat het cilinderglas N tot een zekere hoogte met water gevuld is, laat men den wortel er voorzichtig in neer en bevestigt de kurk in den bovenrand van het glas. Het zaad S moet zich daarbij in de vochtige ruimte onder de kurk bevinden, doch mag niet in het water gebracht worden, daar het dan licht zou verrotten, en daardoor het water bederven. Zoo soms worteldeelen sterven, moeten zij terstond verwijderd worden, daar zij anders allicht het water voor de levende deelen bederven, en de proef verloren zouden doen gaan. Het is duidelijk, dat de plant, al naar gelang zij groeit, van tijd tot tijd in een grooter cilinderglas moet overgebracht worden, hetgeen zonder moeite en gevaar geschieden kan, daar men de plant gemakkelijk zijdelings uit de kurk kan schuiven en in een grootere, evenzoo ingerichte kan overbrengen.

Hebben zich de wortels een tijd lang in water ontwikkeld en vergelijkt men ze dan met in aarde of in zand ontwikkelde wortels van even oude planten derzelfde soort, zoo ziet men terstond dat zij een veel grootere lengte bereikt hebben dan deze. Daarenboven is hun vertakking veel regelmatig en zijn hunne wortelharen dikwerf even fraai ontwikkeld als die van echte waterplanten. Ook het wortelmutsje is zeer duidelijk te zien; in één woord, alle deelen zijn aan zulke wortels veel duidelijker en schooner ontwikkeld dan aan in aarde groeiende, zoodat dus voor het onderzoek dezer deelen de waterculturen allezins aanbeveling verdienen.

Doch gelijk wij boven zagen, is dit geenszins het hoofdoel, waarmede men deze proeven doet. Men wil de rol der wortels in het leven der plant leeren kennen, en daartoe is

het in de eerste plaats noodig met zekerheid te weten, of een landplant haar normalen wasdom verkrijgen kan, terwijl hare wortels, bij uitsluiting van aarde en zand, slechts uit water hun voedsel putten. Dit nu is door talrijke onderzoekingen, in de laatste twintig jaren gedaan, gebleken in alle opzichten mogelijk te zijn. Men kan landplanten, b. v. boonen, mais, tarwe, haver, koolzaad, enz. in waterculturen niet alleen zich geheel laten ontwikkelen, maar ook bloemen en vruchten doen voortbrengen. Men heeft de zaden, in zulke waterculturen gewonnen, uitgezaaid en gezien, dat zij even goed ontkiemen als andere zaden. Men heeft het gewicht van in waterculturen gekweekte planten bepaald en nagegaan hoeveel droge stof dit bevatte, en gevonden dat het gewicht der droge stof bij een in water gekweekte maisplant dat van het zaad waaruit de plant ontstaan was 150 maal overtrof; bij boekweit overtrof het eerstgenoemde gewicht dat van het gebruikte zaad meer dan 200 maal. In één woord, in waterculturen kunnen zich landplanten onder gunstige omstandigheden even zoo krachtig ontwikkelen, even talrijke en even goede zaden voortbrengen, als wanneer hare wortels zich in aarde bevinden. Hieruit volgt, dat men deze proeven gebruiken kan om de verrichtingen der wortels te bestudeeren en vooral om na te gaan, welke stoffen door de wortels moeten worden opgenomen, zullen alle deelen der plant zich normaal kunnen ontwikkelen en de rol, die hun in het leven der planten opgedragen is, volledig kunnen vervullen. Is nu hierdoor bewezen dat de beschreven proeven tot dit doel mogen gebruikt worden, zoo behoeven wij wel niet uitvoerig op de groote voordeelen opmerkzaam te maken, die deze methode ons aanbiedt. Het water en de daarin door ons opgeloste stoffen kunnen wij volledig kennen, terwijl een nauwkeurige kennis van de aarde en hare veranderingen ter nauwernood met veel moeite te bereiken is. Doch het zij hier genoeg op deze voordeelen kort gewezen te hebben, daar wij in een volgend hoofdstuk op dit onderwerp uitvoerig terug zullen moeten komen.

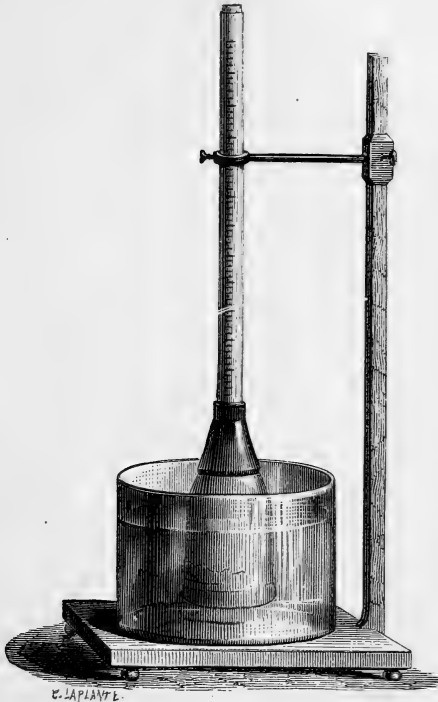
De voorwaarden, voor welker vervulling men bij deze proeven nauwgezet zorg moet dragen, wil men het voorgestelde

doel bereiken, zijn hoofdzakelijk de volgende: De bladen moeten zooveel mogelijk in het licht staan om organische stoffen te kunnen bereiden, doch de wortels behooren in het donker gehouden te worden, niet zoo zeer om hun eigen groei te bevorderen, als wel om de ontwikkeling van lagere organismen, b. v. wieren, in het water te verhinderen. Hiertoe kan men het cylinderglas b. v. met zwart papier omgeven, in een zoo dikke laag dat er bijna geen licht doorgaat. In het water mogen geen afgestorven deelen verrotten, deze moeten dus zoodra zij aanwezig zijn, verwijderd worden, terwijl tevens het water van tijd tot tijd behoort te worden ververscht. Niet zelden wordt ook door toevoeging van uiterst geringe hoeveelheden zuur de werking der bij de verrotting ontstaande stoffen onschadelijk gemaakt. Van veel meer belang dan deze en een aantal andere kleinere voorzorgen is echter de toevoeging van anorganische stoffen aan het water. Het is duidelijk dat de anorganische bestanddeelen, welke steeds in planten worden aangetroffen, in gewoon water niet in voldoende hoeveelheid voor het plantenleven worden gevonden. Onder gewone omstandigheden zuigt de plant ze uit den grond op; in de watercultuur moeten zij uit het water kunnen worden opgenomen. Het gemakkelijkste middel om hierin te voorzien is, dat men van normale planten der voor de proeven gebruikte soorten door drogen en verbranden asch maakt; deze bevat, gelijk van zelf spreekt, de anorganische stoffen, welke een plant van die soort voor hare ontwikkeling behoeft. Voegt men nu van tijd tot tijd een gedeelte dezer asch toe en zorgt men daarbij dat steeds slechts een weinig asch in het water opgenomen wordt, opdat de vloeistof steeds zeer verdund blijve, zoo kan de plant deze stoffen langzamerhand opzuigen. Het is noodig bij de asch nog salpeter of een andere verbinding te voegen, die stikstof bevat, daar deze bij het bereiden der asch ontweken is en de bron voor de stikstof der plant anders in de watercultuur zoude ontbreken.

Er blijft ons nu nog slechts over, met enkele woorden te spreken over de wijze, waarop water en anorganische stoffen door de wortels worden opgezogen. Deze opslorping is de-

zelfde voor in water gekweekte, of in aarde groeiende wortels. Dat de eerste slechts opgeloste stoffen kunnen opnemen, volgt uit de inrichting der beschreven proeven, of, voor waterplanten, uit hare wijze van groeien; zij zijn met geen vaste stoffen

Fig. 60.



Toestel ter aantooning der osmose.

in aanraking. Doch ook de wortels van landplanten nemen slechts datgene uit den bodem op, wat daarin in opgelosten toestand voorkomt, of door verschillende omstandigheden er uit opgelost wordt. Trouwens de hier boven beschreven bouw der wortels doet ons terstond inzien, dat het niet anders geschieden kan. De wortels toch bestaan geheel uit cellen, die

aan alle zijden gesloten zijn en nergens openingen bezitten. Wel vindt men binnen in vaten, doch deze zijn door de cellen zoo geheel omsloten, dat zij voor de opslorping niet in aanmerking komen. Door de wanden der cellen nu kunnen klaarblijkelijk geen voorwerpen in vasten toestand heendringen. Dat er wel vloeistoffen door kunnen dringen, blijkt uit de geheele inrichting en uit het feit, dat in waterculturen werkelijk vloeistoffen worden opgenomen. Wij kunnen ons deze opneming echter ook door een proef duidelijk maken. Hiertoe gebruikt men een glazen buis, die aan het eene uiteinde wijder is dan over de verdere lengte. Over dit wijde uiteinde spant men een stukje blaas of perkamentpapier en bindt het zóó vast, dat tusschen zijn rand en het glas geen vloeistof doordringen kan. Vooraf overtuigt men zich dat er geen zichtbare poriën in het te gebruiken vlies aanwezig zijn. Brengt men nu in de buis suikerwater, tot op een zekere hoogte, en plaatst men dan het onderste deel met het vlies in een vat met water, zooals in fig. 60 is voorgesteld, zoo is de toestel gereed. Slechts moet men zorgen dat het vlies den bodem van het vat niet aanraakt, doch vrij door het omgevende water bespoeld wordt. Kortens nadat de toestel zoo in elkander gezet is, ziet men het suikerwater in de buis stijgen. Hoe nauwer deze s in vergelijking met de grootte van het vlies, hoe duidelijker dit stijgen zichtbaar zal zijn. Doch ook de hoeveelheid opgeloste suiker heeft op de snelheid van het stijgen een invloed; hoe meer de oplossing verzadigd is, des te sneller stijgt het vocht in de buis omhoog. Is dit stijgen een geruimen tijd voortgegaan, zoo onderzoeken wij de vloeistof in het vat. Deze was aanvankelijk zuiver water, nu echter bevat zij een zekere hoeveelheid suiker. Er blijkt ons dus, 1^o dat water uit het vat door het vlies in de buis gedrongen is, en 2^o, dat suiker omgekeerd door het vlies uit de buis naar buiten is gedrongen. M. a. w. kunnen dus èn water èn opgeloste stoffen door een vlies zonder openingen heendringen. De eenige voorwaarde voor deze mogelijkheid is, dat zij het vlies kunnen bevochtigen, gelijk wij weten dat water een dierlijke blaas doet. Deze toch is in drogen toestand hard en weinig buigzaam; door

opneming van water wordt zij echter week en lenig. Men heeft dezen doorgang van vloeistoffen door vliezen zonder zichtbare poriën osmose genoemd. Wij kunnen dus besluiten, dat de opname van stoffen door de wortels een osmotisch verschijnsel is. De verschillende omstandigheden, waaronder zulke verschijnselen in het plantenleven plaats vinden en de verdere oorzaken die daarbij werkzaam zijn, kunnen hier niet uitvoerig behandeld worden, evenmin als de krachten, welke de eenmaal in de buitenste cellen opgenomen stoffen in de overige cellen brengen en hare beweging door de geheele plant bewerken. Trouwens voor een algemeen begrip van de werkzaamheid der wortels, kan zulk een in bijzonderheden afdalende uiteenzetting als geheel overbodig beschouwd worden. Genoeg is het ons te weten, dat de wortelvezels de opgeloste stoffen door osmose opnemen en dat deze door de verdere deelen van den wortel en door den stengel naar die plaatsen vervoerd worden, waar zij tot den groei der plant of tot andere doeleinden verbruikt worden. Welke stoffen het zijn, die op deze wijze in het plantenlichaam worden ingevoerd, zullen wij in een volgend hoofdstuk nagaan.

DE BEWEGING VAN HET WATER.

In ons eerste hoofdstuk over de voeding der planten hebben wij gezien, dat, onder de stoffen waaruit de planten opgebouwd zijn, aan het water een zoo belangrijke rol moet worden toegeschreven, dat wij, bij de verdeling dezer stoffen in bepaalde afdeelingen, daaraan naast de overige anorganische en naast de organische bestanddeelen een afzonderlijke plaats hebben ingeruimd. In dit hoofdstuk wenschen wij deze rol van het water te behandelen en gaan daartoe in de eerste plaats na, tot welke doeleinden het in het leven der planten gebruikt wordt. Geen leven laat zich denken zonder water. Waar sommige plantendeelen tijdelijk in drogen toestand verkeerden, is deze toestand tegelijk een periode van rust, gelijk bij rijpe zaden het geval is. Daarenboven zijn deze zaden, hoewel zeer arm aan water, toch niet volkomen droog, doch kunnen bij verwarming in droge lucht nog door verdamping een vermindering van hun gewicht ondergaan, die door de weegschaal gemakkelijk aangetoond kan worden. Trouwens, dit geringe watergehalte heeft ook in zaden nog een rol te vervullen, waarvan men zich vooral bij zulke zaden overtuigen kan, die, na rijp geworden te zijn, eerst nog geruimen tijd moeten liggen, voordat zij kiembaar worden. Hier vinden in het zaad langzamerhand veranderingen plaats, wier resultaat de genoemde eigenschap is, en die slechts onder den invloed van het aanwezige water kunnen volbracht worden. Overall echter, waar de plantencellen de zetel van belangrijker

werkingen zijn, hetzij deze in scheikundige omzettingen van de opgenomen voedingsstoffen, of in den groei der organen, of in de productie van bepaalde voor het leven nuttige stoffen bestaan, of welke andere doeleinden ook hebben mogen, steeds is een aanzienlijke watergehalte een der meest noodzakelijke voorwaarden voor deze processen. Het water maakt zoowel deel uit van den celwand, als van den celinhoud, ja in volwassen cellen is de laatste niet zelden bijna geheel eene waterige oplossing van verschillende stoffen, die slechts door een geleijchtig laagje van den celwand is afgesloten. Vandaar dat overal waar organen of cellen groeien, water tot den opbouw dezer deelen in aanmerkelijke hoeveelheid verbruikt wordt.

Wij herinneren ons, dat in de groene bladeren de organische stof ontstaat uit koolzuur en water, welke lichamen onder den invloed van het licht in zetmeel worden omgezet, dat wij in de bladgroenkorrels als product van deze werkzaamheid hebben leeren kennen. Ook bij deze zoo belangrijke verrichting wordt dus water verbruikt. De hoeveelheid water, die hiervoor, alsmede voor den groei noodig is, wordt echter verre overtroffen door die, welke in de lucht uitgespreide plantendeelen door verdamping verliezen. De opperhuid der bladen laat wel is waar zelf weinig water door, doch zij bezit een groot aantal fijne openingen, de zoogenoemde huidmondjes, die met de tusschen-cellige ruimten van het bladmoes in gemeenschap staan. Aan deze ruimten grenzen de cellen rechtstreeks, en haar met water doortrokken wand moet dus steeds aan de lucht in deze holten water in dampvorm afstaan, die dan door de huidmondjes ontwijken kan. Dat de hoeveelheid van het op deze wijze verloren water zeer aanzienlijk kan zijn, weet iedereen uit het feit, dat op warme dagen planten die in een drogen bodem wortelen, licht verwelken en eerst door begieten weer frisch kunnen worden. Het is duidelijk, dat deze laatste oorzaak van beweging van het water bij ondergekoken waterplanten niet bestaat.

Door de verdamping of door het verbruik van water bij den groei en de productie van organisch voedsel worden de cellen, waarin deze processen plaats vinden, armer aan vocht dan de naastbijgelegene, in welke zulk een verbruik niet plaats vindt.

Het gevolg hiervan zal zijn, dat de eersten aan de laatsten water ontnemen, ten einde het verbroken evenwicht te herstellen. Terwijl nu deze laatste cellen op hare beurt weer water aan de achter haar gelegen onttrekken, ontstaat een geregelde beweging van het water naar de plaatsen van verbruik toe, die des te sneller zal zijn, naarmate het verbruik zelf aanzienlijker is. Weldra strekt zich deze beweging over de geheele plant uit, en wordt het water uit de wortels, die het uit den grond opnemen, naar de bovenaardsche plantendeelen in een geregelden stroom toegevoerd. Daar de oorzaak dezer beweging in de plaatsen van verbruik zetelt, kan men haar een zuigende noemen. Tegenover deze staat dan een geheel andere beweging van het water, waarvan de oorzaak in de wortels gezocht moet worden, en die met kracht het water in de wortels en in den stengel omhoog perst. Deze oorzaak wordt met den naam van worteldrukking bestempeld.

Voordat wij de verdamping en de door haar veroorzaakte snelle beweging van het water in de planten uitvoerig bespreken, en daarbij het weinige vermelden, wat er omtrent de zeer langzame strooming van het water voor den groei en de koolzuur-ontleding te zeggen valt, wenschen wij deze worteldrukking in hare werkingen nader te leeren kennen, daar deze kennis ons bij een juiste waardeering van de zuigende kracht der verdampende cellen van groot nut zal zijn.

Het is een bekend verschijnsel, dat vele boomen bloeden, wanneer zij in het voorjaar, korten tijd voordat de knoppen hunne bladeren beginnen te ontplooien, tot in het hout verwond worden. De eschdoorn levert daarvan in onze parken en tuinen het meest bekende voorbeeld. Al naar gelang der boomsport stroomt een grootere of geringere hoeveelheid vocht uit de wonde; dit vocht is waterhelder en bij enkele soorten, b.v. den in Noord-Amerika groeienden suiker-ahorn, zoo rijk aan suiker, dat het de moeite loont, het in het groot te verzamelen. Het krachtigst doet zich dit verschijnsel wel voor in den wijnstok. Uit kleine insnijdingen, tijdens het zwellen der knoppen door den bast heen tot in het hout gemaakt, ziet men weldra het vocht druppelsgewijze te voorschijn treden, en gedurende verscheidene

uren voortvloeien. Ja, zoo men de wond zoo maakt, dat zij zich niet spoedig genoeg weer sluiten kan, duurt deze vochtstroom verscheidene dagen voort. Daarbij vloeit het water niet slechts daarom weg, dat het hout er mede overvuld is, en het overtollige vocht dus uit elke wonde ontwijkt; het wordt integendeel met groote kracht door de kunstmatige openingen naar buiten geperst. Om zich hiervan te overtuigen, maakt men gebruik van de in figuur 61 afgebeelde inrichting. Men snijdt een stam van een wijnstok, of wel een dikken tak, glad door, en omgeeft het uiteinde met een nauw aansluitende buis van caoutchouc. In het andere uiteinde van de korte buis wordt een doorboorde kurk bevestigd, waarin een glazen buis nauwkeurig sluit. De caoutchouc-buis wordt èn om de kurk, èn om den stam met touw zoo sterk aangebonden, dat zelfs bij aanzienlijke drukking geen water op deze plaatsen doorsijpelen kan. Het is goed de buis zelf met koperdraad te omwikkelen, ten einde een te sterk opzwellen of wel barsten onder de ontstaande drukking te voorkomen. De in de kurk ingeschoven glazen buis is dubbel omgebogen, op de in de figuur aangegeven wijze. Weldra begint nu het vocht in de buis omhoog te stijgen, en zoodra het de eerste ombuiging bereikt heeft, vloeit het, gelijk van zelf spreekt, naar beneden. Komt het er slechts op aan het uitstroomen van een groote hoeveelheid vocht aan te toonen, zoo kan men de proef op deze wijze laten voortgaan; wenscht men echter zich een voorstelling te maken van

Fig. 61.



Stam van een wijnstok, met omgebogen glazen buis, voor het meten van de drukkracht der wortels.

de grootte der kracht, waarmede het wordt omhoog gestuwd, zoo giet men in het open uiteinde van de buis kwik. Daardoor zal de lucht in den afdalenden arm worden samengedrukt, en het kwik in dezen eenigzins omhoog stijgen, terwijl het in den open arm bijna tot boven aan staat. De drukking van deze kwikzuil plant zich door de samengeperste lucht op de vloeistof in den korten arm voort en werkt door deze op de wondvlakte van den stam. Men zou nu allicht vermoeden, dat een eenigzins aanzienlijke drukking, op deze wijze uitgeoefend, terstond het uitvloeien van het water zou doen ophouden. Toch is dit niet het geval. Zelfs wanneer de kwikzuil in den eenen arm een meter hooger staat dan in den anderen, gaat het uitvloeien nog voort en wordt de kwikzuil dus omhoog geschoven. De drukking van zulk een kwikzuil is gelijk aan die van een zuil water van ruim 13 meters hoogte en de wortels blijken dus in staat te zijn het water tot op zulk een aanzienlijke hoogte op te voeren. Daar nu de wijnstokken in den regel deze hoogte op verre na niet bereiken, zal ook in hunne hoogste takken nog de invloed van de worteldrukking bemerkbaar moeten zijn, iets, wat gemakkelijk te bewijzen is, wanneer men deze takken doorsnijdt en er op gelijke wijze, als zooeven voor een stam beschreven werd, een glazen buis aan bevestigt. Het is duidelijk, dat door deze drukking het water naar de aanzwellende knoppen in grootere hoeveelheid wordt toegevoerd, dan dit alleen het geval zou zijn door de zuigende werking, die door den groei en de verdamping veroorzaakt wordt.

Het is bij deze proeven geenszins onverschillig, welke plant men onderzoekt en in welk jaargetijde of onder welke omstandigheden zij genomen worden. Ook de hoogte, waarop de buizen aan de plant bevestigd worden, is op het resultaat van invloed. De oorzaak van dit laatste is gemakkelijk na te gaan. Wij hebben reeds medegedeeld dat de besproken drukkracht haar zetel in de wortels heeft en het zijn juist de fijnste uiteinden der wortelvezels, waarin zij gezocht moet worden. Hoe deze kracht daar ontstaat, kan men tegenwoordig nog niet met volle zekerheid aangeven, doch het is zeker, dat de cellen

der wortels het vocht eenerzijds uit den bodem opzuigen en er zich zoo sterk mede vullen, dat hare wanden er geheel door gespannen zijn. Deze spanning speelt als drukkracht een belangrijke rol bij het opstuwen van het vocht. Daar nu het opgestuwde vocht zich in den wortel moet bewegen en uit dezen door den stam verder worden geleid en het weefsel van wortel en stam aan deze beweging een zekeren weerstand biedt, zal de kracht tengevolge van dezen weerstand naar boven toe steeds afnemen. Daarbij oefent de kolom water in deze organen door haar gewicht een zekere drukking uit, die natuurlijk eveneens nadeelig op de grootte der overblijvende kracht werken zal. Is nl. de kolom in eenigen boom zoo hoog, dat hare drukking aan de kracht der wortels gelijk komt, zoo zal zij niet meer voortbewogen kunnen worden en zal men boven deze hoogte van de werking dier kracht niets meer bespeuren. Hoe lager bij den wortel dus, des te minder is deze kracht door tegendrukking en weerstand verzwakt en des te duidelijker zal zij dus in onze proeven kunnen worden waargenomen. In de kroon van hooge boomen is van den invloed der worteldrukking niets te bespeuren en zelfs in den stam pleegt zich deze invloed niet te doen gelden, daar de worteldrukking bij boomen nooit die grootte bereikt, die wij zoeven voor haar bij den wingerd leerden kennen.

Niet alleen tijdens het eerste uitloopen der knoppen persen de wortels het water omhoog. Op elken tijd van den zomer, ja, zoolang de planten nog niet in den toestand van winter-rust teruggekeerd zijn, kan zij worden waargenomen. Wel is waar bloeden wingerden en andere houtgewassen na het ontplooiën hunner bladeren niet meer, zoo men ze verwondt. Dit komt echter daardoor, dat in die periode, behalve de opstuwende kracht der wortels, ook nog de zuigende kracht der bladen werkt, die wij reeds met een enkel woord bespraken. Deze zuiging is zoo sterk, dat zij het uitvloeien van water uit de wonden geheel belet. Men kan echter deze zuiging doen ophouden b.v. door de plant met een dampverzadigde lucht te omgeven, zoodat zij geen vocht meer verdampen kan. Heeft men een wingerd in een pot gekweekt, zoo kan

men hem in een besloten ruimte b.v. een kleine broeikas of een glazen stolp brengen en hierin de lucht geheel met vochtdeelen verzadigen. Veel eenvoudiger bereikt men zijn doel, door de bladeren te verwijderen; het allereenvoudigst door den geheelen stam af te snijden en de proef juist op dezelfde wijze te nemen, als wij zoeven beschreven hebben (fig. 61). In dit geval blijkt de worteldrukking den geheelen zomer werkzaam te zijn, ofschoon zij bij lange na niet krachtig genoeg is om al het water te leveren, dat in de bladeren verdampst en dus tegenover de straks te bespreken zuiging slechts een ondergeschikte rol speelt. Deze hoeveelheid water, die de wortels in een bepaalden tijd omhoog voeren, kan men het best bepalen, wanneer men de in fig. 61 afgebeelde buis in haar middelste deel doorsnijdt en onder de naar beneden gerichte opening een vat ter opvang van het uitvloeiende water plaatst. Weegt men dit vat van tijd tot tijd, zoo zal men door vergelijking het gewicht van het uitgevloeiende water kunnen berekenen. Het blijkt dan, dat deze hoeveelheid vooral door twee voornamelijk oorzaken bepaald wordt; nl. door de temperatuur van den grond, waarin de plant wortelt en door zijne vochtigheid. Hoe warmer en hoe vochtiger deze bodem is, hoe meer water de wortels in hetzelfde tijdsverloop in den stam persen. Verder kan men door zulke proeven de hoeveelheden water vergelijken, die door verschillende planten worden omhoog gestuwd en vindt dan, dat zij al naar gelang der plantensoorten zeer uiteenloopen.

Deze eigenschap der wortels, om het uit den grond opgezogen water met een zekere kracht omhoog te persen, is niet alleen aan boomen en heesters, maar ook aan kruidachtige gewassen eigen en kan bij deze laatsten op dezelfde wijze worden aangetoond. Zelfs bij kleine, tengere, eenjarige gewassen ontbreekt zij niet. Als voorbeeld noem ik de bekende sierplant *Coleus Verschaffeltii*. Snijdt men haren stam onder de onderste bebladerde takken door, en beschermt men de doorsnede tegen al te sterke verdamping, b.v. door er een omgekeerd glas over heen te plaatsen, zoo ziet men weldra een grooten druppel water uit de wond te voorschijn komen, die na kor-

ten tijd te groot is om op de wondvlakte te blijven rusten, en zijdelings langs den stengel afvloeit. Het is de wortel, die dit vocht omhoog perst.

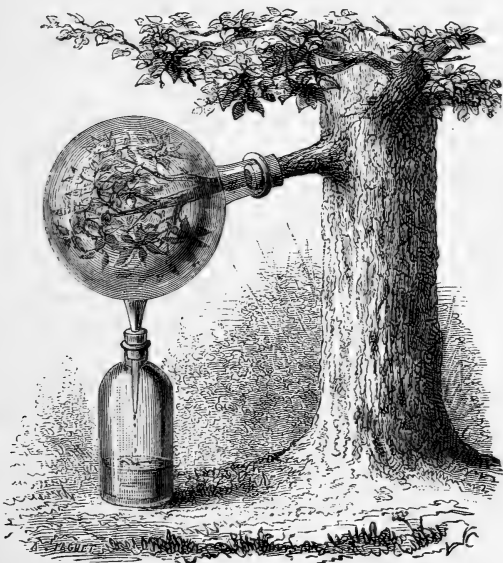
De drukkracht der wortels is ook de oorzaak van het verschijnsel, dat onder den naam van het tranen van planten bekend is en tot de merkwaardigste zaken behoort, die men bij planten kan waarnemen. Zeer schoon vindt men dit bij sommige Aronskelken, vooral bij de in fig. 62 afgebeelde soort. Uit de toppen van de groote pijlvormige bladen van deze plant komen voortdurend druppels water te voorschijn, die weldra afvallen, en terstond door nieuwe vervangen worden. Telkens, wanneer de omgevende lucht vochtig genoeg is, om een te sterke verdamping te verhinderen, kan men dit tranen waarnemen. Doch het is niet noodig daartoe uitheemsche gewassen te gebruiken; onze inlandsche grassen en talrijke lage, hetzij eenjarige, hetzij overblijvende planten, bezitten, hoewel in mindere mate, dezelfde merkwaardige eigenschap. Bij deze moet echter de verdamping in de bladen bijna geheel belet worden, en tegelijker tijd de werkzaamheid der wortels een zeer krachtige zijn. Vandaar, dat aan de toppen en de randen der bladen bij deze planten waterdruppels te voorschijn komen, wanneer 's avonds bij zons-ondergang de lucht zich sterk afkoelt, en daardoor het dauwpunt, d. is de temperatuur waarop de lucht met waterdamp verzadigd is, nadert. Bij overschrijding van dit dauwpunt, dus bij verder dalen der temperatuur, ontstaat er dauw, daar dan de overvloedige waterdamp in druppels neêrslaat. Doch voordat deze graad van koude bereikt is, kan men aan de planten reeds de vermelde waterdruppels waarnemen. Kunstmatig kan men dit verschijnsel telkens te voorschijn roepen, wanneer men de planten in potten heeft staan, en deze sterk begiet, terwijl de bladen met een glazen klok overdekt zijn. De vochtigheid begunstigt de werking der wortels, de klok vermindert de verdamping, en alle voorwaarden voor het tranen zijn dus gegeven. Aan kiemplanten van granen, stekken van Fuchsia, Tradescantia zebrina, en vele andere gewassen kan men dit verschijnsel, onder de genoemde voorzorgen, steeds gemakkelijk waarnemen.

Fig. 62.

*Colocasia esculenta.*

Wij hebben in ons hoofdstuk over den bouw en de ver-richtingen der bladen reeds met enkele woorden over de ver-damping gesproken en ook een der voornaamste proeven medegedeeld, door welke de hoeveelheid van het verdampende water bepaald kan worden. Een andere wijze om deze bepa-ling uit te voeren, wordt door fig. 63 duidelijk gemaakt. Men brengt den tak, dien men onderzoeken wil, in een glazen bal-

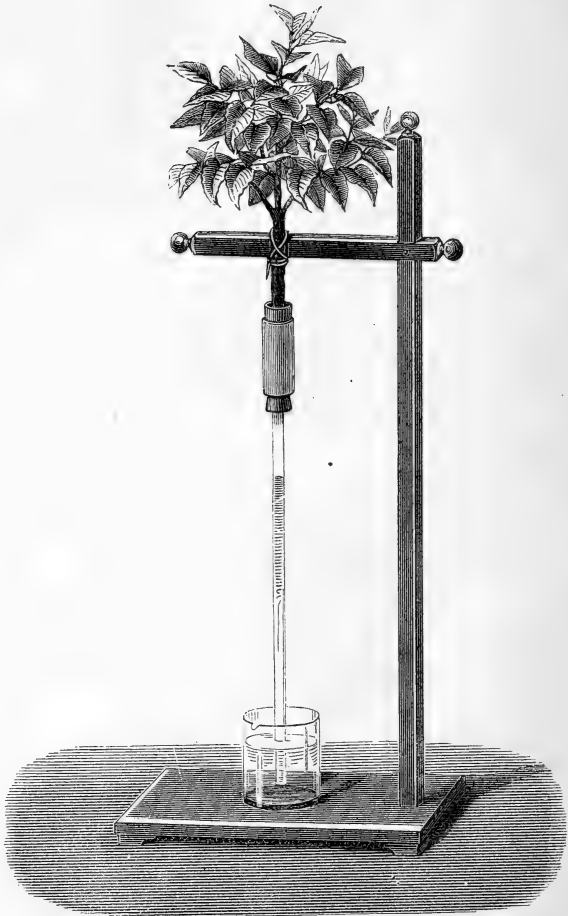
Fig. 63.



Inrichting om de verdamping in de bladeren aan te toonen.

lon en sluit de opening om den tak door een in tweeën ge-spleten, doorboorde kurk. Aan de ballon is een fijne buis met opening, die in een flesch gevoerd wordt. Het verdampende water slaat tegen de wanden van den ballon neder en drup-pelt uit de fijne opening in de flesch, waarin het van tijd tot tijd gewogen kan worden. Het is duidelijk, dat dit waterverlies in de bladen voortdurend hersteld moet worden, zullen de

Fig. 64.



Opzuiging van water door een bebladerden tak.

bladen daardoor niet verwelken en uitdrogen. Dit herstel heeft, gelijk wij in het begin reeds uitéengezet hebben, een

zuiging van water uit andere deelen der plant ten gevolge, welke het weder aan andere organen en ten laatste aan de wortels ontleenen. Dat deze zuiging werkelijk de oorzaak is, dat het water in de takken zich naar de bladen beweegt, bewijst ons elke afgesneden tak, waarvan het ondereinde in water geplaatst is en die daarbij frisch blijft. De werking van de wortels is dan klaarblijkelijk buitengesloten en slechts door zuiging kan de tak het noodige water opnemen. En dat deze zuiging met zeer groote kracht geschiedt, leert ons de volgende proef. Aan het onderste uiteinde van een afgesneden bebladerden tak bevestigen wij een lange glazen buis, door middel van een caoutschoucuisje, dat wij èn om den tak èn om de buis sterk aanbinden. Dan vullen wij de buis geheel met water en keeren haar om terwijl wij het open einde onder water houden en zorgen dat geen lucht in haar omhoog kan stijgen. Staat de buis dan rechtop, zoo kan men haar op de in fig. 64 aangegeven wijze bevestigen. Is de buis niet al te lang, zoo blijft de tak langen tijd frisch en ziet men het water in het glazen bakje dalen, waardoor een opzuigen van water door den tak, en dus tegelijk de verdamping in de bladen, aangetoond wordt. Hoe hooger de buis is, hoe ongunstiger de omstandigheden voor het opnemen van water zijn en men kan zich dus eenigzins een denkbeeld maken van de zuigkracht, die hier in het spel is, zoo men weet hoe lang de buis zijn kan, terwijl de tak nog voortgaat het water omhoog te bewegen.

Deze proef levert ons tegelijk een zeer eenvoudig middel om de grootte der verdamping van afgesneden bladen en bebladerde takken onder verschillende omstandigheden na te gaan. Het dalen van het water in het glas toch (zie fig. 64), zal de juiste maat van het verdampte water zijn. Hoe smaller het glas is, hoe nauwkeuriger wij aan dit dalen een geringe vermindering van het water zullen kunnen waarnemen. Nog nauwkeuriger wordt dit, wanneer wij niet een rechte glazen buis gebruiken, maar een U-vormig omgebogene, waarvan het been, waaraan de tak bevestigd is, korter kan zijn dan het andere. Vullen wij zulk een buis met water, zoo zal het

dalen van het water in den open arm een maat zijn voor de verdamping. Daar op deze wijze de verdamping onder zeer gunstige omstandigheden reeds gedurende weinige minuten duidelijk kan waargenomen worden, zoo ziet men, dat deze methode veel geschikter is dan een der beide rechtstreeksche bepalingen, die wij vroeger beschreven en afgebeeld hebben. Een blad of tak in de U-vormige buis kan in korte tijdruimten achter elkander onder verschillende omstandigheden gebracht worden en ons zoo den invloed van deze door de verschillende snelheid van het dalen van het water in den open arm onmiddellijk doen waarnemen. Welke resultaten men door deze methode kan verkrijgen, willen wij nu kortelijk uiteenzetten.

Vooreerst hangt de verdamping af van de vochtigheid der lucht. Hoe meer waterdamp deze bevat, hoe geringer de verdamping zijn zal, een betrekking die trouwens niet alleen voor bladen maar ook voor alle andere vochtige lichamen en voor vloeistoffen geldt. Evenzoo heeft de temperatuur op de verdamping bij levende en levenlooze voorwerpen een invloed, die grootendeels daaraan toe te schrijven is, dat warmere lucht een grootere hoeveelheid waterdamp bevatten kan dan koude. Ook het licht werkt, ten minste bij vele planten, gunstig op de verdamping, daar het bewegingen veroorzaakt in de sluitcellen der huidmondjes. Deze toch kunnen de tusschen haar gelegene opening sluiten en weer openen en worden daartoe door verschillende omstandigheden genoopt, welker werking echter niet bij alle plantensoorten dezelfde is, daar nu eens alleen de sluitcellen werkzaam zijn, dan weer ook de omliggende cellen der opperhuid aan deze verrichtingen deelnemen. Bij de meeste planten echter heeft men waargenomen, dat het licht de huidmondjes zich doet openen, terwijl de duisternis weer aanleiding tot het sluiten geeft. Het nut van deze inrichting moet dadelijk in het oog springen, wanneer men zich herinnert, dat in groene plantendeelen onder den invloed van het licht de ontleding van koolzuur plaats vindt, bij welke groote hoeveelheden van dit gas worden opgeslorpt, waartegen weêr zuurstofgas wordt uitgestooten. Tijdens deze werking kan

dus een ongestoorde gemeenschap van de tusschencellige lucht-ruimten met de buitenlucht slechts voordeelig zijn. Doch deze gemeenschap is ook de oorzaak, dat de waterdamp uit de tusschencellige ruimten gemakkelijk in de omgevende lucht kan ontwijken, en daar de vochtige cellen aan de genoemde ruimten steeds zoolang waterdamp afgeven, totdat deze daarmede verzadigd zijn, zal de verdamping bij geopende huidmondjes steeds aanzienlijk zijn. Hierdoor verklaart zich, ten minste ten deele, de invloed van het licht op de verdamping. Dat de verdamping daarenboven van het gebruikte plantendeel afhankelijk en o. a. door den aard der opperhuid en het aantal der huidmondjes bepaald wordt, behoeft wel niet afzonderlijk opgemerkt te worden.

De verdamping van water in de bladen is een der voornaamste oorzaken van de vochtigheid van de lucht. Vooral daar, waar de bodem droog is en dus zelf slechts weinig verdampt, en waar niet telkens tusschen elke twee stukken land een sloot of greppel wordt gevonden, waarin het water als zoodanig verdampt, is deze invloed zeer belangrijk te achten. Het is een bekend verschijnsel, dat in bosschen en boven weilanden de lucht vochtig is, en vooral op de laatsten wordt dit aan ons oog zichtbaar gemaakt, wanneer na een warmen dag de avond bij helderen hemel zeer koel is. Dan ontstaat de dauw, veroorzaakt door het overgaan van de waterdamp der lucht in fijne waterdruppeltjes, die langen tijd blijven zweven. De afkoeling der lucht toch heeft ten gevolge, gelijk wij boven reeds bij een andere gelegenheid zagen, dat haar vermogen om waterdamp te bevatten geringer wordt. Weldra is een warmtegraad bereikt, waarbij de lucht nog juist al de in haar bevatte damp kan behouden. Daalt nu de temperatuur nog lager, dan wordt een deel van deze damp afgescheiden, en veroorzaakt den bekenden nevel. Vandaar dat de lucht tijdens dauw steeds geheel met waterdamp verzadigd is, m. a. w. zoo vochtig is, als zij bij die temperatuur slechts zijn kan. Vreest de mensch te recht de nadeelige werking, welke deze door de verdamping der planten en het dalen der temperatuur in den avond vochtig geworden lucht op zijne gezondheid uitoefenen kan, aan de andere zijde gebruikt hij die-

zelfde eigenschap der bladen, om lucht vochtig te houden, wanneer zij door andere oorzaken licht een schadelijken graad van droogte zou verkrijgen. Ik bedoel het kweeken van planten des winters in woonkamers. De bij ons gebruikelijke methode van verwarming onzer woonvertrekken toch maakt de lucht in deze steeds zeer droog; de buitenlucht kan, door hare lage temperatuur, slechts weinig waterdamp bevatten, en door de verwarming, die zij in aanraking met of in de nabijheid van den kachel ondergaat, wordt wel haar vermogen om waterdamp te bevatten, doch niet haar werkelijk gehalte daaraan verhoogd. Zonder verdere voorzorgen leven wij dus des winters in veel drogere lucht dan des zomers. Kweekt men nu planten in het vertrek, zoo zullen deze steeds water verdampen en dus een oorzaak van vochtigheid der lucht zijn, die daarenboven de gunstige eigenschap bezit van in haar werking van de temperatuur en van den graad van vochtigheid der lucht beide afhankelijk te zijn, en dus, om de zaak kort uit te drukken, des te krachtiger werkt, naarmate de lucht droger is. Deze beschouwing neemt onder de redenen, waarom het kweeken van planten in kamers gewoonlijk wordt aanbevolen, een eerste plaats in. Het is wellicht niet overbodig hierbij op te merken, dat hier slechts van bebladerde planten sprake is; voor de beoordeeling van het nut of het nadeel van bloeiende planten in kamers toch komen nog andere punten in aanmerking, die vooral dan een groot gewicht in de schaal leggen, als de bloemen sterk rieken, en de prikkelende werking, die deze riekende stoffen op ons zenuwstelsel uitoefenen, als schadelijk moet beschouwd worden, zooals b. v. in slaapkamers het geval is.

Het water, dat de bladen door verdamping aan de omgevende lucht afgeven, wordt onder gewone omstandigheden door de wortels uit den grond opgenomen en door den stengel of stam naar omhoog geleid. Ook wanneer afgesneden takken met hun wondvlakte in water geplaatst zijn, moet de stengel het water geleiden. En evenals wij bij de verplaatsing van het voedsel ons de vraag voorgelegd hebben, in welk gedeelte van den stengel deze geleiding plaats heeft, evenzoo moeten wij ook thans deze vraag voor het water beantwoorden. Wij kunnen daartoe dezelfde

methode gebruiken, n. l. de ringvormige ontschorsingen. Trouwens een eenvoudige beschouwing der daar beschreven proeven zal ons van zelf tot het gewenschte resultaat voeren. De bedoelde proef bestond in het wegnemen van een schorsring rondom den tak, korten tijd vóór het uitloopen der knoppen in het voorjaar. Deze ontschorsing moet aan krachtige takken op een aanzienlijken afstand van den eindknop geschieden, daar voor deze anders, gelijk wij zagen, de toevoer van organisch voedsel door den bast afgesneden wordt. Wil men den schorsring dichter bij den eindknop wegnemen, zoo kan men voor ons tegenwoordig doel ook op deze wijze de proef nemen, wanneer men slechts met de ontschorsing wacht, tot de eindknop uitgelopen is en de bladen, die uit hem te voorschijn getreden zijn, hun volle ontwikkeling bereikt hebben. In beide proeven nemen wij waar, dat de tak ongestoord voortleeft, en dat het verlies van water door verdamping in zijn bladen door nieuwen toevoer even volledig hersteld wordt, als in alle overige bladen van den boom. Het wegnemen van den schorsring belet dus de beweging van het water niet, waaruit volgt, dat deze in het hout plaats vindt. Men zou kunnen vermoeden, dat het merg aan deze geleiding een werkzaam aandeel nam, doch dit vermoeden vervalt van zelf, wanneer men bedenkt, dat de inhoud der cellen van het merg in tweejarige en oudere takken lucht is, en geenszins een vocht.

Men ziet in onze steden niet zelden boomen, wier stam gedeeltelijk van bast en schors ontbloot is. Zulke boomen blijven doorgroeien, ofschoon niet zelden die takken, welke aan de zijde der verwonding liggen, afsterven. Het water wordt in het hout omhoog geleid, en de voedingsstoffen, die uit de bladen naar de wortels worden gevoerd, vinden haar weg in het overgebleven gedeelte van den bast. Dat het hout, waar het aan weer en wind blootgesteld is, begint te verrotten, behoeft geene vermelding, en evenmin de hieruit voortvloeiende gevolgtrekking, dat de waarde van den boom als werk- of brandhout hierdoor zeer lijdt. Kunnen echter boomen ook dan blijven leven, wanneer zij over een grooter of kleiner deel van den stam aan alle zijden van den bast ontbloot zijn, en dus de toevoer van voed-

sel naar de wortels is afgesneden? Deze vraag kan slechts onder zekere beperkingen bevestigend beantwoord worden. Eenige jaren kunnen de wortels op het in hen nog aanwezige reservevoedsel teeren, blijven leven en aan hunne verplichtingen: het opnemen van water en anorganische stoffen uit den grond, voldoen. Zoolang zal dus het leven van den boom ongestoord voortgaan. Doch na korter of langer tijd begint het voedsel aan de wortels te ontbreken, deze sterven en houden dus op te werken, en de takken en bladen ontvangen het voor hunne verdamping noodige water niet meer. Weldra zullen zij dus uitdrogen en sterven, en op het eind heeft dus de ringvormige ontschorsing van den boom den dood ten gevolge. Vandaar dat men in steden en plantsoenen tegen elke ontschorsing moet waken, daar anders licht een ringvormige ongemerkt zou kunnen insluipen, en den boom, dien zij trof, tot een langzamen maar even zekeren dood veroordeelen. Slechts in één geval kan een boom lange jaren zulk een ontschorsing overleven. Dit vindt n.l. dan plaats, wanneer uit het onderste gedeelte van den stam en uit de dikste wortels loten ontspringen, die zich tot krachtige bebladerde takken ontwikkelen, en de voeding van de wortels op zich kunnen nemen, voor welke door de boven de wonde gelegen takken niet meer kan worden gezorgd. Zulke wortelloten komen vooral bij linden voor, en vandaar dat de meeste voorbeelden van boomen, die een ringvormige ontschorsing hunner takken langen tijd overleefden, door linden worden opgeleverd. Een zekere beroemdheid heeft een zware lindenboom met prachtige kroon, in het park van Fontainebleau, door zulk een verwonding verkregen. Deze boom was omstreeks 1780 geplant, en zijn stam werd in 1810 door toevallige omstandigheden door werklieden van het grootste gedeelte van zijn bast beroofd. In het jaar 1854 stierf hij, nadat hij in het vorige jaar nauwkeurig onderzocht geworden was. Op de ontbloote plaats was het hout tot op een aanzienlijke diepte gestorven en ten deele reeds vergaan, en nog slechts een dunne houtcilinder in het midden diende voor de geleiding van het water. Boven de ontschorsing was de diktegroei van den stam regelmatig voortgegaan; daaronder zorgden talrijke kleine takjes en wortelloten voor de voe-

ding der wortels. Ook van andere boomsoorten worden zulke voorbeelden beschreven.

Leeren nu deze waarnemingen ons zonder eenigen twijfel, dat het water zich in het houtlichaam voortbeweegt, zoo kunnen wij door een meer algemeene beschouwing en vergelijking van de meest uiteenloopende boomsoorten tot dezelfde gevolgtrekking geraken. In de plantkunde neemt men onder de met bloemen bloeiende planten drie typen van boomvormen aan, nl, de loofboomen, de naaldboomen en de palmen met hunne verwanten. De overeenkomst tusschen de beide eerste typen is zoo groot, dat wij deze voor onze beschouwing te samen kunnen vatten en tegenover de geheel anders gevormde palmen plaatsen. Onze loofboomen, die door hunne vlakke, min of meer breede bladeren gekenmerkt zijn en meestal des winters hun loof verloren hebben en de aan hunne naald- of schubvormige bladen herkenbare, in den winter meest groene naaldboomen komen daarin met elkander overeen, dat hunne stammen vertakt zijn en dat de zijtakken van deze takken telken jare in aantal toenemen, als de winterknoppen in het voorjaar beginnen uit te loopen. Met het vermeerderd aantal twijgen gaat natuurlijk een toenemen van het getal der bladen gepaard, hetgeen weer ten gevolge heeft, dat de hoeveelheid water, die door den boom verdampt wordt, met elk jaar aanzienlijker wordt. Al dit water moet door den stam omhoog gevoerd worden en de telken jare grootere hoeveelheid eischt dus telken jare een breedere stroombaan. Het is in volkomen overeenstemming hiermede, dat de stammen van loof- en naaldboomen gedurende hun geheele leven in dikte toenemen en dat deze diktegroei wel is waar ook den bast betreft, doch voor verreweg het grootste deel door een aanzetting van nieuwe houtlagen rondom de bestaande tot stand gebracht wordt. Hoe meer water de stam dus omhoog moet geleiden, hoe dikker zijne houtmassa is.

Geheel anders is het bij de Palmen. Hun stam is niet vertakt en draagt aan den top een kroon van weinige, maar zeer groote bladen. In het midden tusschen deze bladen vinden wij den eindknop, die den eigenlijken top des stams inneemt.

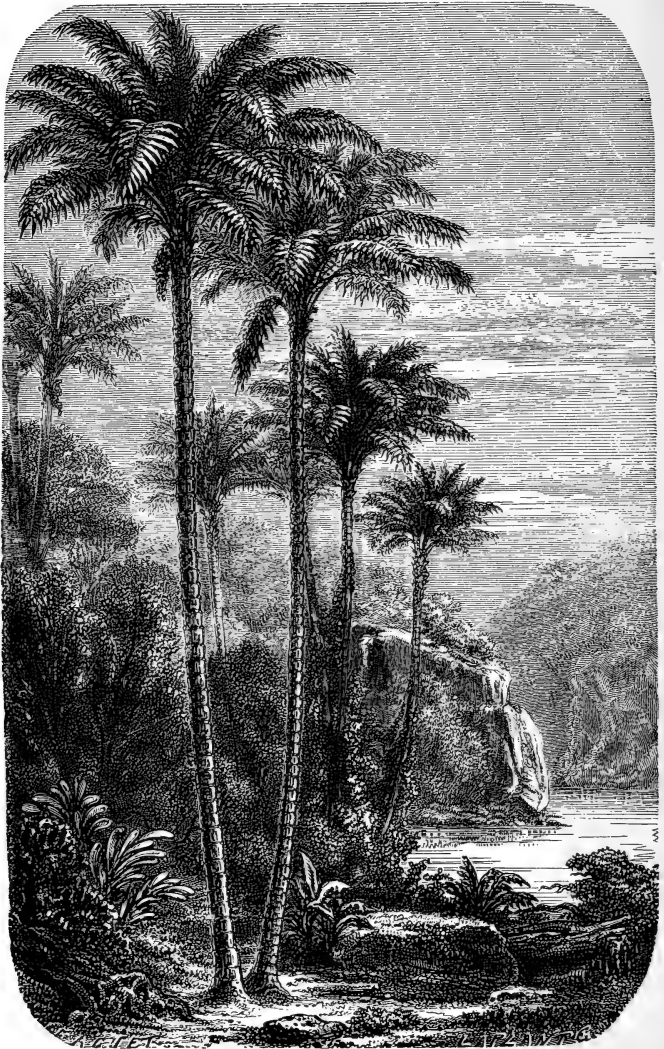


Fig. 65. Zuid Amerikaansche Palmen (*Mauritia flexuosa*).

Uit dezen eindknop ontwikkelen zich voortdurend nieuwe bladen, zoodat de binnenste bladen van de kroon steeds de jongste zijn, hetgeen in den regel aan hun mindere grootte of onvolledige ontplooiing kan worden waargenomen. Naarmate nu hier nieuwe bladen ontplooid worden, sterven de buitenste en worden afgeworpen. Het gevolg is, dat het aantal bladen in de kroon steeds ongeveer hetzelfde blijft. Daarmede in overeenstemming, men zou haast geneigd zijn te zeggen: dien ten gevolge, blijft een palmenstam steeds even dik; de hoeveelheid water die hij moet geleiden is dezelfde of hij hoog is, of nog jong en laag. Een kiemplant van een palm heeft lange jaren noodig voor haar stam de voor hare soort normale dikte bereikt heeft; vóór dit tijdstip echter groeit zij bijna niet in de lengte, en besteedt al hare krachten voor dezen diktegroei. Zoodra echter hare ontwikkeling zoover gevorderd is, houdt deze groei op en maakt plaats voor een langzame verlenging van den stam, die eerst na geruimen tijd aan de palmen die slanke gedaante geeft, door welke zij aan tropische landschappen een zoo eigenaardig karakter verleen.

Wij zijn over de beweging van het water in de stammen en takken zeer uitvoerig geweest, en willen dus over den weg, dien het verder volgt, eer het in de cellen van het bladmoes in damp kan overgaan, slechts nog het noodigste aanstippen.

Deze weg zijn de vaatbundels der bladstelen en die der bladschijven, welke laatste, gelijk bekend is, den naam van nerven en aderen dragen. Dat dit zoo is, kan gemakkelijk aangetoond worden. Het meest sprekende voorbeeld zijn zuiver witte bloembladen, b. v. van een witbloemige Iris of van een Deutzia. Plaatst men afgesneden bloeiende takken van zulke planten met de doorsnede in een donker gekleurde oplossing van aniline in water, zoo stijgt deze kleurstof met het water in de takken op. Na ongeveer een halven dag beginnen de aderen der bloembladen zich blauw te kleuren en worden daardoor duidelijk zichtbaar, terwijl zij tegelijkertijd blijken de weg te zijn, waarlangs de opgezogene kleurstof, en met deze het water, zich beweegt. Ongelukkig kan men de bloemen in dezen toestand niet lang bewaren, daar de aniline

voor het tusschen de aderen gelegen celweefsel vergiftig is, en dit dus doodt zoodra zij van de aderen uit er in dringt. Dan verwelken de bloemen, en het sierlijke voorwerp gaat weldra geheel te niet.

Bij onze beschouwingen hebben wij tot nu toe steeds nagegaan, wat er met het water in de plant geschiedt, terwijl de verdamping in de bladen ongestoord voortgaat, en aan deze dus voortdurend evenveel water wordt toegevoerd, als zij door verdamping verliezen. Onderzoeken wij thans, wat er zal gebeuren, zoo deze gunstige verhouding tusschen aanvoer en verlies niet bestaat, maar het laatste den eersten overtreft. Ieder een weet dat de plant dan zal beginnen te verwelken, en zoo zij niet bijtijds weer water opnemen kan, eindelijk verdrogen en sterven. Wij willen dit verwelken eenigszins uitvoeriger beschrijven, snijden daartoe een nog groeienden bebladerden tak af en plaatsen dezen in een glas, doch zonder water. Eerst beginnen de jonge blaadjes slap te hangen; hunne buigzaamheid neemt sterk toe, hunne frischheid daarentegen af. Weldra wordt ook de nog groeiende stengeltop fletsch en gaat overhangen, en na eenigen tijd vertoont zich hetzelfde verschijnsel, hoewel in mindere mate, in de oudere bladen. Het oudere stengeldeel is reeds houtig en kan dus door verwelken niet slap worden. Gieten wij nu water in het glas, zoo kan de stengel dit door de wondvlakte opzuigen en de verwelkte deelen hernemen allengs hunne frischheid. De stijfheid der bladen en jonge stengeldeelen is dus het gevolg van het watergehalte; zij is des te grooter, naarmate dit watergehalte zelf grooter is. Belet men de verdamping, door b. v. een glazen klok over den tak te plaatsen, terwijl de wondvlakte ongehinderd water op kan nemen, zoo zullen watergehalte en stijfheid hierdoor nog een tijd lang toenemen.

Een merkwaardig gevolg van dit watergehalte is ook de zogenoemde weefselspanning. Klooft men een krachtigen groeienden top van een stengel of een bloemsteel overlans in twee ongeveer gelijke helften, zoo blijven deze niet recht, doch krommen zich, zoodat de opperhuid de holle zijde der kromming inneemt. Klooft men het orgaan op gelijke wijze, in

vier deelen, zoo wordt deze kromming nog duidelijker. Daar nu in een gebogen voorwerp de bolle zijde langer is dan de holle, als nl. beiden vóór de buiging even lang waren, zoo moet dit ook hier het geval zijn: bij het splijten is het mergweefsel in lengte toegenomen, de opperhuid echter ingekrompen. In den ongeschonden stengel waren zij even lang en verkeerden dus in een toestand van spanning, welke spanning de oorzaak van de buiging bij het kloven is. Doet men dezelfde proef met een verwelkt stengeldeel, zoo bespeurt men van dit verschijnsel niets. Legt men den gekloofden stengel in water, zoo ziet men de kromming snel toenemen en niet zelden rolt daarbij elk der vier deelen zich tot een spiraal op. Daarbij blijft de opperhuid aan de holle zijde, het mergweefsel aan de bolle zijde, en de verlenging van het laatste ten gevolge der opzuiging van water is de oorzaak van deze oprolling. Holle bloemsteelen van in water geplaatste bouquets zuigen dit water in het om de holte gelegen weefsel niet zelden met zoo groote kracht op, dat de neiging tot oprolling den stengel doet splijten en de afzonderlijke strooken zich werkelijk aanmerkelijk krommen. Deze opzuiging van water door het merg is een zoo in het oog loopend verschijnsel, dat het de moeite loont, deze proeven eens te nemen, iets, wat met elken groeienden stengeltop zonder eenige moeite geschieden kan en waarvoor die kruidachtige planten de beste voorwerpen leveren, wier stengels het snelste groeien. De bloemsteelen van de gewone paardbloem, van papavers, tulpen, hyacinten en talloze andere gewassen kunnen hiertoe aanbevolen worden.

Wil men afgesneden en door verdamping verwelkte takken weer frisch maken, zoo is het in vele gevallen voldoende, ze met het onderste uiteinde in water te plaatsen. Niet zelden is echter dit middel niet toereikend, of duurt de herstelling van den normalen toestand op deze wijze zeer lang. Men kan dan de opzuiging van water door den stengel bespoedigen, door het onderste uiteinde af te snijden, even vóór dat men den tak in het water plaatst. Bij het liggen in de lucht toch is de wondvlakte uitgedroogd, en zijn haar buitenste cellen gestor-

ven, zoodat in haar het water een zekeren weerstand ondervindt, die in levende weefsels niet in die mate voorhanden is. Door het afsnijden dezer cellen verwijderd men dien weerstand. Hoe langer de afgesneden takken in de lucht gelegen hebben, hoe langer het stuk moet zijn, dat men afsnijdt. Er zijn echter een aantal plantensoorten, bij welke ook deze bewerking niet voldoende is om de bladeren frisch te maken, ja bij welke een bebladerde tak ook dan verwelkt, wanneer men hem terstond na het afsnijden in water plaatst. Een voorbeeld hiervan levert ons de gewone zonnebloem. Hoe grooter het aantal bladen is, hoe sterker dit verwelken zijn zal; door het afplukken van een gedeelte der bladen kan men het voorkomen. Er is echter een ander zeer eenvoudig middel, dat in deze gevallen bijna altijd tot het gewenschte doel voert. Men moet namelijk weer het onderste deel van den tak afsnijden, doch nu onder water, dus zóó, dat de nieuwe snijvlakte terstond met het water in aanraking komt. Draagt men dan zorg, deze snijvlakte steeds onder water te houden, zoo blijft de tak frisch, of, zoo hij reeds begonnen was te verwelken, herstelt hij zich spoedig weer.

Het is hier de plaats, nog even te spreken over het begieten. Dit heeft, zooals iedereen weet, ten doel, hetzij om het fletsch worden van planten te voorkomen, hetzij om verwelkte planten weer frisch te maken. Wanneer het in den zomer in langen tijd niet geregend heeft, en de grond dus nog slechts weinig water bevat, verwelken tuinplanten in den namiddag niet zelden, zoo zij onder fellen zonneschijn groote hoeveelheden water door verdamping hebben verloren. Vooral in potten wortelende tuinplanten, voor welke dus de aarde, waaruit zij haar water kunnen putten, beperkt is, zijn hieraan onderhevig. Door begieten worden zij echter weer frisch. Het begieten is in tuinen, moestuinen en niet zelden ook in parken, een van de voornaamste werkzaamheden, welke in het belang der planten moeten worden vervuld. Het is geenszins onverschillig, welk water men daartoe gebruikt, en in welken toestand het verkeert. Het beste water is regenwater, dat echter door lang in regenbakken bewaard te worden veel van zijn

goede eigenschappen verliezen kan. Deze goede eigenschappen bestaan voornamelijk in de luchtsoorten, die de regendruppels tijdens hun val uit de lucht opnemen, en van welke de zuurstof voor de ademhaling der wortels van het hoogste belang is. Door het staan in een bedekte ruimte en de aanraking met rottende organische lichamen, b. v. afval van bladeren, waarvan regenbakken niet zelden niet volkomen vrij zijn, verliest het regenwater allengs deze zuurstof. Putwater is eveneens arm aan dit gas en het is daarenboven meestal koud, en werkt dus door deze lagere temperatuur vertragend op alle verrichtingen der wortels, en middellijk dus ook op die in de geheele plant. Vandaar, dat in groote tuinen hoe langer hoe meer de gewoonte ingang begint te vinden, nabij de pomp een grooten steenen of metalen bak te bezitten, die van boven geheel open is, en van tijd tot tijd met water uit de pomp gevuld wordt. Hier blijft het water gedurende geruimen tijd staan, en kan daarbij de temperatuur der lucht aannemen, en zuurstof in zich oplossen. Telkens als een gedeelte van dit water voor het begieten gebruikt is, vult men den bak weer aan, om ook den volgenden dag luchtrijk en warm water te zijner beschikking te hebben. Bij deze zeer nuttige inrichting moet één voorzorg steeds in het oog gehouden worden, n. l. dat men den bak zooveel mogelijk van afval van planten rein houde, en de er in vallende bladen er uit verwijdere. Deze toch zouden door hun rotting het water bederven, en bij het vergaan de zuurstof er aan onttrekken en zelf verbruiken. Om dezelfde reden is water met rottende stoffen voor het begieten steeds af te raden, daar deze steeds zuurstof-onttrekkend werken.

DE SCHEIKUNDIGE BESTANDDEELEN DER PLANTEN.

In het hoofdstuk over de bouwstoffen van het plantenlichaam hebben wij gezien, dat alle stoffen, die in een plant kunnen voorkomen, gevoegelijk tot drie groepen gebracht kunnen worden, te weten: het water, de anorganische en de organische verbindingen. Van deze maken de laatsten het brandbare bestanddeel, de tot de tweede groep behoorenden de asch uit. Een nauwkeuriger studie van de samenstelling van de asch was toen voor ons doel niet noodig, daar dit slechts was, in het algemeen te weten, welke stoffen de planten uit hare omgeving moeten opnemen, ten einde al hare levensverrichtingen te kunnen volbrengen. In dit hoofdstuk willen wij ons echter de vraag voorleggen, welke de bijzondere stoffen zijn, die de plant tot haar leven behoeft en welke rol deze bij de verschillende levensverschijnselen spelen. Wij kunnen de beantwoording dezer vraag in twee afdeelingen splitsen en in de eerste uitvoerig nagaan, welke anorganische in de natuur voorkomende verbindingen voor het voortbrengen der organische plantenstof noodig zijn; de tweede afdeeling zal ons dan de anorganische deelen van het plantenlichaam moeten leeren kennen, zoowel in hun scheikundigen aard, als in hun waarde voor het leven der plant.

De organische bestanddeelen brengen wij door drogen in den voor ons onderzoek geschikten toestand. Een groot gedeelte van zijn water kan een plantendeel door drogen in gewone lucht verliezen; nog vollediger is dit verlies, wanneer

wij de deelen daarbij tot de temperatuur van het kookpunt of weinige graden daarboven verwarmen. Zoo gedroogd, zijn de deelen gewoonlijk zeer bros en kunnen zij gemakkelijk tot een fijn poeder gewreven worden. Vergelijkt men nu het gewicht der levende deelen met dat van de droge stof, zoo blijkt het, dat dit laatste in de meeste gevallen slechts $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{3}$ van het eerste bedraagt, een verhouding die bij verschillende gewassen zeer verschillend en ook voor verschillende organen derzelfde plant geenszins steeds dezelfde is. Het grootste drooggewicht bezitten rijpe zaden (ongeveer $\frac{8}{9}$), terwijl waterplanten en paddestoelen meestal zeer arm aan vaste stof zijn en haar watergehalte dat der droge stof niet zelden 10 tot 20 maal overtreft.

Het is duidelijk, dat in de zoo gevonden waarden de organische en anorganische bestanddeelen tegenover het water te samen in rekening gebracht zijn; wil men het gewicht van deze beiden afzonderlijk kennen, zoo is er slechts één middel, nl. de volledige verbranding der organische stof en de bepaling van het gewicht der daarna overblijvende asch. Daarbij blijkt, dat deze asch gewoonlijk slechts weinige procenten van de droge stof uitmaakt en dus bij de boven in ronde getallen opgegeven waarden buiten rekening kan gelaten worden.

Om de elementen of enkelvoudige scheikundige stoffen te leeren kennen, uit welke de organische stof der planten bestaat, is het dus noodig de gasvormig ontwijkende producten der verbranding op te vangen en deze te onderzoeken. Wij hebben in een vorig hoofdstuk reeds medegedeeld, dat deze voor verreweg het grootste gedeelte uit koolzuur en waterdamp bestaan. Ook hebben wij uit deze waarneming en uit de bekende scheikundige wet, dat de enkelvoudige stoffen bij scheikundige werkingen geen verandering ondergaan en dus in de producten dezelfde moeten zijn als in de oorspronkelijke verbindingen, afgeleid, dat koolstof en waterstof, de elementen die in koolzuur en water met zuurstof verbonden zijn, steeds in de organische plantenstof voorhanden moeten zijn. Of zij ook zuurstof bevatten, leert ons deze waarneming natuurlijk niet, daar het zeer goed mogelijk is, dat alle zuurstof van het koolzuur en het water uit de lucht werd opgenomen.

Van meer belang dan een eenvoudige verbranding en onderzoeking der daarbij ontstane producten is het voor ons doel die organische stoffen afzonderlijk te bestudeeren, welke in het plantenlichaam òf in de grootste hoeveelheid voorkomen, òf de voornaamste rol spelen. Om deze te leeren kennen gaan wij de stoffen na, welke aan de samenstelling van elke cel van het plantenlichaam deel nemen. Zulk een cel is een gesloten blaas van verschillende gedaante, waaraan onder het microscoop een wand en een inhoud gemakkelijk te onderscheiden zijn. De inhoud bestaat in den regel uit een vloeibaar gedeelte, dat door een meest dunne laag eener slijmerige zelfstandigheid omgeven is. Soms ontbreekt het eerste, de slijmerige stof ontbreekt daarentegen in geen levende cel. Scheikundige onderzoekingen hebben nu geleerd, dat de celwand voor het grootste deel uit een organische verbinding bestaat, waaraan men den naam van celstof gegeven heeft. De slijmerige inhoud daarentegen bevat steeds verbindingen die in haar voornaamste eigenschappen met het eiwit uit een kippenei overeenkomen. Deze beide stoffen, de celstof in den wand en de eiwitachtige stoffen van den inhoud, worden in elk plantendeel aangetroffen en alles wat men van het leven der cellen weet, doet ze als noodzakelijke deelen kennen. Het spreekt dus van zelf, dat de elementen, waaruit zij bestaan, voor het plantenleven onontbeerlijk zijn. Trachten wij langs dezen omweg de elementen der organische verbindingen te leeren kennen, zoo verkrijgen wij natuurlijk slechts noodzakelijke stoffen, terwijl in de massa der organische stof van een plant wellicht ook toevallige bijmengsels konden zijn, die wij bij het onderzoek van de verbrandingsproducten van alle droge stof eener plant niet van de wezenlijke deelen zouden kunnen onderscheiden. Maar een nog grooter voordeel verzekert ons deze methode in de kennis van de rol, die de gevonden elementen in het plantenleven spelen.

Men kan celstof in zeer zuiveren toestand uit plantendeelen bereiden. Sommige plantaardige producten, zooals katoen, bevatten haar reeds met slechts zeer weinig bijmengselen, die op een of andere wijze zich daaruit laten verwijderen. Om de elementen te leeren kennen, waaruit celstof bestaat, dient ons

weer de verbranding. Geschiedt deze in een gesloten toestel, welke een volledig onderzoek der ontstaande gassen toelaat, zoo blijkt het, dat er niets ontstaat dan koolzuur en water. Men heeft deze toestellen zoo fijn ingericht, dat men bepalen kan hoeveel koolzuur en hoeveel water uit een afgewogen hoeveelheid droge celstof ontstaat. Het is hier niet de plaats deze toestellen te beschrijven of te verklaren, genoeg zij het mede te deelen, dat de scheikundigen deze methode om de elementen van een organische verbinding te leeren kennen, elementair-analyse noemen. Daar men nu in de scheikunde leert, hoeveel koolstof een zekere hoeveelheid koolzuur en hoeveel waterstof een zekere hoeveelheid water bevat, kan men hieruit natuurlijk berekenen, hoeveel koolstof en hoeveel waterstof de ter verbranding gebruikte hoeveelheid celstof bevatte. Was de som der koolstof en der waterstof gelijk aan deze laatste waarde, zoo zou celstof alleen uit deze beide elementen bestaan. Zij is echter geringer en er moet dus nog een derde element in de verbinding der celstof opgenomen zijn. Daar nu slechts koolzuur en water ontstonden; kan dit element geen ander zijn dan zuurstof en wij komen dus tot de conclusie, dat celstof bestaat uit koolstof, waterstof en zuurstof.

Na deze uiteenzetting der proeven, door welke men tot de kennis der elementen der celstof geraakt, geloof ik omtrent de eiwitachtige stoffen korter te mogen zijn en zal daarom slechts de resultaten van het onderzoek mededeelen. Het ligt toch geenszins in mijn bedoeling hier zuiver scheikundige zaken te behandelen, daar dit mij te ver van mijn eigenlijk onderwerp af zou voeren. Daarenboven is de methode van het onderzoek der eiwitachtige stoffen nog veel ingewikkelder dan die, welke wij voor de celstof beschreven en zoude het niet mogelijk zijn, zonder een zeer uitvoerige beschrijving een eenigszins duidelijk inzicht hierin te geven. Het resultaat der analyse nu is, dat eiwitachtige stoffen uit dezelfde elementen bestaan als celstof, doch dat daarenboven, ofschoon in geringere hoeveelheid, nog twee andere worden aangetroffen, te weten stikstof en zwavel. Even noodzakelijk als de celinhoud zelf voor het leven der cel is, even onontbeerlijk zijn daarvoor dus ook

deze beide elementen. Bij de verbranding van plantenstoffen gaat van deze beide de stikstof in vluchtige verbindingen over, en ontwijkt dus; de zwavel echter verbindt zich met zuurstof en met bepaalde deelen der asch tot zwavelzure zouten, die niet vluchtig zijn en dus in de asch blijven. Onder de bestanddeelen der asch zullen wij dus deze zwavel terug moeten vinden.

De vijf elementen, welke wij als bestanddeelen van celstof en eiwit leerden kennen, zijn de eenige, uit welke alle organische stoffen van het plantenlichaam opgebouwd zijn. De verbranding van de geheele massa der droge stof levert als vluchtige producten slechts verbindingen van koolstof, waterstof, stikstof en zuurstof, terwijl de zwavel, gelijk wij zeiden, in de asch achterblijft. Behalve de straks te bespreken elementen der anorganische verbindingen moeten dus ook deze door elke plant uit hare omgeving worden opgenomen, en wij moeten dus hier eenige oogenblikken stilstaan bij de vraag, in welken toestand zij in de natuur voorkomen, en als hoedanig zij in de plant kunnen worden ingevoerd.

De dampkringslucht bestaat, gelijk men weet, uit ongeveer vier vijfde deelen stikstof, uit ongeveer één vijfde deel zuurstof, en uit zeer weinig koolzuur; daarenboven bevat zij nog waterdamp in zeer afwisselende hoeveelheid. Behalve zwavel treffen wij dus hierin de gezochte elementen aan. Deze komen echter ook in den bodem voor, en wel in bepaalde verbindingen, waarvan de koolzure zouten als bron voor koolstof en zuurstof, de zwavelzure zouten als bron voor zwavel en zuurstof, en de salpeterzure zouten als bron voor stikstof en zuurstof genoemd moeten worden. Stikstof komt daarenboven nog onder een anderen vorm voor, namelijk met waterstof verbonden als ammoniak, of als verbindingen van ammoniak met andere lichamen. Daar andere dan de genoemde verbindingen dezer vijf elementen in de natuur niet zoodanig verspreid zijn, dat zij in eenigszins aanzienlijke hoeveelheid aan de planten ter opzuiging worden aangeboden, zoo is het duidelijk dat de genoemden of alle, of ten minste eenigen er van, de werkelijke bron dezer elementen uitmaken. Wij mogen dus

reeds besluiten, dat de koolstof uit het koolzuur van de lucht en van den bodem, de waterstof uit het water, en de zwavel uit het zwavelzuur afkomstig zijn. De zuurstof kan uit al deze verschillende verbindingen opgenomen worden, en men kan dus de zuurstof der lucht als ter voortbrenging van organische bestanddeelen voor het plantenlichaam ontbeerlijk rekenen. Anders schijnt het echter met de stikstof gesteld te zijn. In de lucht komt zij in bijna onbegrensde hoeveelheid voor, terwijl salpeterzure zouten en ammoniak of hare verbindingen in den bodem steeds slechts in zeer geringe hoeveelheid gevonden worden. Men zou dus allicht geneigd zijn te meenen, dat de stikstof der lucht, zoo niet de eenige, dan toch de voornaamste bron was, uit welke de planten dit element opnemen. Doch dit is slechts een vermoeden; tot volkomen zekerheid kunnen wij in deze vraag, evenals in zoo vele andere gevallen, slechts door rechtstreeksche proeven geraken. Deze hebben nu juist het tegendeel van ons vermoeden aan het licht gebracht en bewezen, dat de planten zelfs niet de geringste hoeveelheid van de benoodigde stikstof uit de lucht kunnen opnemen, dat, om het zoo eens uit te drukken, de vrije, onverbonden stikstof voor de planten onverteerbaar is. Slechts dan, wanneer b. v. na onweer, stikstofverbindingen in de lucht in geringe hoeveelheid ontstaan zijn, en deze door het regenwater aan den bodem zijn toegevoerd, kunnen deze voor de plant van nut zijn. Voordat wij de proeven beschrijven, uit welke men de onverteerbaarheid der vrije stikstof afgeleid heeft, is het noodig met enkele woorden er op te wijzen, dat de vraag, of de stikstof als ammoniak- of als salpeterzuur-verbindingen in de planten wordt opgenomen in zooverre van zeer ondergeschikt belang is als de eersten én in den grond, èn in het plantenlichaam zeer gemakkelijk in de laatsten worden omgezet. Of nu deze omzetting werkelijk plaats vindt, en zoo ja waar, is moeilijk uit te maken, en ten minste voorshands nog onbekend. Zeker is het, dat planten zeer goed groeien in een bodem die geen ammoniak-verbindingen, doch wel salpeterzure zouten in voldoende hoeveelheid bevat.

De vraag naar de bron der stikstof voor het plantenvoed-

sel is langen tijd een punt van verschil tusschen de verschillende onderzoekers geweest, totdat het eindelijk aan BOUSSINGAULT gelukte zijne proeven zoodanig te nemen, dat zij geen andere verklaring toelieten, dan de door hem er uit getrokken conclusie, en dat aan alle bezwaren, die men tegen vroegere proeven ingebracht had, door nauwkeurige voorzorgen volledig was tegemoet gekomen. Zijne proeven over dit onderwerp behooren dan ook tot de schoonste, die ooit op het gebied van de scheikunde der planten genomen zijn. Ze volledig en met alle bijzonderheden te beschrijven ligt buiten onze opgave; toch wenschen wij ze wel is waar zoo kort mogelijk te schetsen, doch daarbij toch te doen uitkomen, welke de voornaamste voorwaarden zijn, die zij moeten vervullen, om hare bewijskracht in volle mate te behouden.

BOUSSINGAULT gebruikte een vierkanten glazen stolp, die luchtdicht op een glazen plaat sloot. In twee tegenoverliggende zijden waren openingen gemaakt, waarin glazen buisjes eveneens luchtdicht sloten. Aan de eene zijde werd door een zuigtoestel (een zoogenoemden aspirator) voortdurend lucht uit de stolp weggezogen, die natuurlijk vervangen werd door lucht, die door het buisje aan de andere zijde binnentrad. Het kwam er nu op aan, te zorgen, dat deze binnentredende lucht vrij was van stikstof-verbindingen, en dus slechts uit vrije stikstof, zuurstof en hoogstens nog waterdamp bestond. Hiertoe werden aan het genoemde buisje een stel andere buisjes verbonden, die de lucht achtereenvolgens doorloopen moest, voordat zij in de stolp kon komen. In deze buizen werden stoffen gebracht, die de eigenschap bezitten de stikstofverbindingen der lucht op te slorpen en in zich vast te leggen, zoodat de daar door gegane lucht geheel vrij van deze stoffen was. In den wand van de stolp was nog een derde buisje aangebracht, om koolzuur in willekeurige hoeveelheid toe te voeren, en ook dit koolzuur moest een reeks van bewerkingen ondergaan, eer het zuiver genoeg was om de lucht in de stolp niet met stikstofverbindingen te verontreinigen. In de stolp moesten de planten gekweekt worden, en wel in een bodem, die zelf natuurlijk geen stikstofverbindingen mocht bevatten. Deze grond

werd kunstmatig verkregen door fijne stukjes puimsteen uit te gloeien en ze met eveneens uitgegloeide plantenasch te bestrooien en met gedestilleerd water te bevochtigen. In de zoo toe bereide potten werden de zaden gelegd, na vooraf gewogen te zijn; daarna werden de potten in de stolp geplaatst, de overgebleven retten luchtdicht gesloten, en de toestel in werking gebracht. Er was natuurlijk eenige tijd noodig om de lucht in de stolp geheel weg te zuigen en te vervangen door nieuwe, van stikstofverbindingen beroofde lucht. De geheele toestel werd in het vrije veld geplaatst en tegen weer en wind beschermd, doch zoo, dat de uit de zaden ontkiemende planten zooveel mogelijk licht genoten. Van tijd tot tijd moesten de potten begoten worden, en dus de stolp geopend. Het begieten geschiedde met gedestilleerd water, de stolp werd telkens weer luchtdicht gesloten en de atmosferische lucht, die noodzakelijk in geringe hoeveelheid mede binnengedrongen was, zoo spoedig mogelijk door de werking van den zuigtoestel verwijderd. In sommige proeven werd ook wel een methode van begieten gebruikt, die deze bewerking toeliet zonder of bijna zonder gelijktijdig intreden van de buitenlucht.

Voegen wij hierbij dat alle in den toestel gebrachte voorwerpen van anorganischen aard, ter verwijdering van wellicht er in aanwezige stikstofverbindingen, uitgegloeid waren, en dat hetzelfde geldt van het kit, waarmede de retten luchtdicht gesloten waren, dan ziet men dat de geheele inrichting van de proef een volkomen uitsluiting van stikstofverbindingen verzekerde, doch de vrije, onverbonden stikstof der lucht onbepaald liet toetreden.

Zoo in orde gebracht, werd de proef gedurende verscheidene maanden voortgezet, waarbij de zaden (b. v. boonen) niet alleen ontkiemden, doch ook bladen ontplooiden, ja zelfs bloemen en vruchten voortbrachten.

Na voltooiing van hun levensloop werden zoowel de verdorde als de nog niet geheel afgestorven deelen zorgvuldig verzameld, gedroogd en gewogen. Bijna altijd werd een geringe toename van het drooggewicht gevonden, in vergelijking van

het gewicht van het gebruikte zaad. Daarna werd het stikstof-gehalte van de geogste droge stof bepaald. Evenzoo werd door onderzoek van een aantal tot dezelfde soort behoorende en met het uitgezaaide zoo nauw mogelijk overeenkomende zaden, het stikstof-gehalte van het gebruikte zaad berekend. Vergeleek men de beide gevonden waarden, dan vond men geen verschil, waaruit dus volgde dat het stikstof-gehalte bij deze proef niet was toegenomen. De vermeerdering van het drooggewicht had dus slechts de stikstofvrije bestanddeelen betroffen. Daar nu deze plant, even goed als andere, in de vrije lucht levende, steeds overvloedigen toevoer van vrije stikstof gehad had, zoo blijkt hieruit, dat deze voor de productie van stikstofverbindingen in het plantenlichaam niet geschikt is, of dat zij, gelijk wij het boven noemden, door de plant niet verteerd kan worden.

Gaan wij thans over tot de behandeling van die elementen, welke de asch, d. i. het onverbrandbare gedeelte van de plantenstof, samenstellen. Van tallooze planten is de asch onderzocht geworden en zijn niet alleen de stoffen opgegeven, waaruit zij bestond, doch ook de hoeveelheden, waarin elk dezer stoffen in bepaalde hoeveelheden asch waren aangetroffen. Er is in de geschiedenis der planten-physiologie en vooral van hare toepassing op den landbouw, een tijdperk geweest, dat men alle heil in zulke onderzoekingen zocht en meende door deze tot de kennis van de voornaamste voor den landbouw belangrijke wetten van het plantenleven te kunnen geraken. Thans is deze periode voorbij en worden andere wegen ter bereiking van hetzelfde doel ingeslagen, en de reden, waarom de vroegere methode verlaten werd, lag voor een groot deel in de uitkomsten dezer onderzoekingen zelve. Het aantal dezer zoogenoemde asch-analysen is zoo groot, dat zij ons met zekerheid alle belangrijke stoffen, die in de asch van verschillende planten voorkomen, hebben leeren kennen. Bedenkt men daarbij, dat niet alleen cultuurplanten, doch ook allerlei in het wild groeiende gewassen, uit alle afdeelingen van het plantenrijk, van de meest verschillende levenswijze, zoowel ongededoken sloopplanten, als planten die droge streken beminnen,

aan dit onderzoek onderworpen werden, dan zal men gereedelijk kunnen toegeven, dat het niet waarschijnlijk is, dat stoffen, die tot nog toe niet in plantenasch werden aangetroffen, ooit daarin in belangrijke hoeveelheid of verbreiding zullen worden gevonden. Letten wij niet op alle bijzondere gevallen, op de uitzonderingen van den regel, maar op den regel zelf, dan mogen wij beweerden dezen zoo volledig te kennen, als zulks op het gebied der zuiver empirische natuurwetenschappen mogelijk is.

Een vergelijking van al deze asch-analysen leert ons, dat behalve koolstof, zuurstof en zwavel, die wij reeds als bestanddeelen van de organische stof behandeld hebben, zonder uitzondering in planten voorkomen:

Kalium, Calcium, Magnesium, IJzer, Phosphorus.

Daarenboven treft men gewoonlijk nog aan:

Natrium, Mangaan, Silicium en Chloor, bij zeeplanten bovendien Jodium en Bromium.

Een aantal andere elementen werd in enkele plantensoorten, of in onder bijzondere omstandigheden gegroeide exemplaren aangetroffen. Van deze noem ik slechts het zink, dat in de asch van op zinkhoudenden bodem verzamelde planten werd aangetroffen, doch in de asch van planten derzelfde soorten ontbreekt, zoo deze op een plaats gegroeid zijn, waar de bodem geen verbindingen van dit metaal bevat.

De betrekkelijke hoeveelheden, waarin deze elementen in de asch voorkomen, zijn uiterst verschillend en hangen zoowel van de plantensoort, als vooral van het gehalte van den bodem of het water aan deze stoffen af. Zoo bezit roode klaver (*Trifolium pratense*) op kalkrijken bodem bijna $\frac{1}{3}$ meer kalk dan op kalkarmen; bij kool (*Brassica oleracea*) werd het kalkgehalte op kalkrijke velden dubbel zoo groot gevonden, als dat op kalkarmen grond. Omgekeerd kan het gehalte van op denzelfden grond groeiende planten van verschillende soorten zeer uiteenloopen, eveneens dat van in dezelfde sloot groeiende waterplanten. Zoo bevatten kranswieren (*Chara foetida*) ruim 5 maal meer kalk dan ruiterskruid (*Stratiotes aloides*), dat in dezelfde sloot verzameld was. Op dezelfde wijze zou men voor

andere bestanddeelen dezen regel door voorbeelden kunnen staven. Vandaar, dat wij ons in het vervolg niet met de hoeveelheden van elk dezer stoffen zullen ophouden.

Het feit, dat zekere elementen steeds of gewoonlijk in de asch van planten wordt aangetroffen, is natuurlijk nog geen bewijs, dat zulk een element voor het leven der plant onontbeerlijk is. Het is zeer goed denkbaar, dat de plant ook zonder een dezer stoffen haren levensloop zou kunnen volbrengen. Om hierover te beslissen moet men weder zijn toevlucht tot proeven nemen.

De proeven, die hieromtrent zekerheid geven, zijn de waterculturen, die wij in het hoofdstuk over de wortels uitvoerig beschreven hebben (Vergelijk fig. 59 blz. 117.). Daar de plant in deze geheel van de aanraking met aarde of zand is afgesloten en haar anorganische stoffen slechts uit het water kan opnemen, is het duidelijk, dat men het in zijn macht heeft, willekeurig gekozen stoffen aan de plant ter opzuiging aan te bieden. Regelt men dit nu zoo, dat b. v. aan een plant alle aschbestanddeelen op één na worden gegeven en leeft zij dan even goed als anders, dan mag men besluiten dat dit bestanddeel voor haar groei niet noodig is. Kwijnt zij echter, of ontwikkelt zij zich in het geheel niet, terwijl andere planten onder geheel gelijke omstandigheden, doch met toevoeging van deze stof zeer goed leven, zoo moet men het ontbrekende element als noodzakelijke voorwaarde voor het leven dier plant beschouwen. Het spreekt nu van zelf, dat slechts de stoffen, die op deze wijze blijken noodzakelijk te zijn, als eigenlijke voedingsstoffen mogen worden beschouwd, terwijl de anderen, hoe algemeen ook voorkomende, toch van dit begrip moeten worden uitgesloten.

Men heeft nu deze proeven op allerlei wijzen ten uitvoer gebracht en is daardoor tot het besluit gekomen dat de vijf, in de eerste plaats genoemde elementen voor het plantenleven onontbeerlijk zijn. Voor Chloor, Natrium, Mangaan en Silicium is daarentegen bewezen, dat zij voor het plantenleven geheel onnoodig zijn. Omtrent de beteekenis van de verbindingen van Jodium en Bromium die in zeeplanten worden

aangetroffen, heeft men tot nu toe nog geen ervaringen opgedaan.

Vatten wij nu het medegedeelde kort samen, zoo kunnen wij de voor het plantenleven noodzakelijke elementen gemakshalve in zekere groepen brengen. Onze eerste groep bevat die, welke aan de productie van organische stof deelnemen, het zijn:

Koolstof, waterstof, zuurstof, stikstof en zwavel.

In de tweede vatten wij die noodzakelijke elementen samen, die in de scheikunde als metalen bekend zijn, te weten:

Kalium, Calcium, Magnesium en IJzer.

De derde omvat de onontbeerlijke niet-metalen, onder welke slechts de Phosphorus behoeft genoemd te worden.

Voordat wij er toe overgaan om datgene mede te deelen, wat men thans omtrent de rol dezer elementen weet, is het wellicht goed ze zelve met enkele woorden te bespreken. Hoe uitheemsch hun namen ook mogen klinken, toch zijn het stoffen, die overal rondom ons tot de meest algemeen verspreide behooren. Allēn als elementen treffen wij ze of niet, of slechts in betrekkelijk geringe hoeveelheid aan. Slechts het ijzer maakt daarop een uitzondering. De toestand, waarin zij gevonden worden, is die van scheikundige verbindingen, in welke de eigenschappen, die hen als elementen doen herkennen, grootendeels verloren gegaan zijn. De meesten dezer verbindingen zijn vrij algemeen bekend en de reden, dat de elementen zelve in den regel slechts in den kring der wetenschap bekend zijn, is vooral daarin te zoeken, dat zij meest slechts tot wetenschappelijke doeleinden uit hunne verbindingen worden afgezonderd. Zoo kent b.v. iedereen de verbinding van het chloor met het natrium; deze toch is ons gewone keukenzout, dat als steenzout in mijnen uitgehouwen wordt en het belangrijkste deel van de in het zeewater in opgelosten toestand aanwezige zouten uitmaakt. Uit dit keukenzout of chloornatrium kan men het chloor vrij maken; dit is een groengeel gas, van een onaangenaam prikkelenden reuk. In het dagelijksch leven vindt deze afzondering b.v. plaats bij de zoogenaemde chloorberookingen, welker doel een langzame ont-

wikkeling van chloorgas tot zuivering van de lucht van woonvertrekken door vernietiging van de kiemen van aanstekelijke ziekten is. Men behoeft daartoe slechts wat keukenzout in een bepaalde verhouding met bruinsteen te vermengen en er van tijd tot tijd wat verdund zwavelzuur op te druppelen. Het in het keukenzout aanwezige natrium is de bron, waaruit de soda fabriekmatig bereid wordt, die, meer bekend onder den naam van droogwater, voor talrijke takken van nijverheid een grondstof, of een der belangrijkste hulpmiddelen is. Dit droogwater is een zout, dat, uit natrium en koolzuur gevormd, den naam van koolzuur-natrium draagt. Kalium is een metaal, dat zeer nauw aan natrium verwant is en waarvan de meest bekende verbinding het koolzure kalium is, dat in den handel potasch genoemd wordt. Deze potasch wordt in het groot bereid uit planten-
asch, hetzij dat de planten afzonderlijk tot dat doel verbrand worden, of dat men de asch uit stookplaatsen, waar hout verbrand wordt, daartoe gebruikt. Dit zout speelt, even als het koolzure natrium, o. a. bij de zeepbereiding een belangrijke rol. Ook van het calcium is het voornamelijk het koolzure zout, dat het meest bekend is. Het is het hoofdbestanddeel van den kalksteen, die onze stoepsteenen en sommige soorten van straatsteenen oplevert. Vrij zuivere koolzure kalk is ook het witte krijt, terwijl marmer eveneens bijna geheel uit deze verbinding bestaat. Door gloeien van koolzuur beroofd en in zoogenoemd calciumoxyde veranderd, levert het de gebrande kalk, die met water vermengd of „gebluscht” wordt, om de metselspecie te verkrijgen. Een andere verbinding van calcium is het gips, of zwavelzure calcium, waarvan de albast een bijzondere, fijnere vorm is. Magnesium en phosphorus zijn genoegzaam aan iedereen bekend; het eerste om het schitterende licht dat het bij verbranding van zich geeft, de phosphorus om de gemakkelijkheden waarmee hij bij verwarming vlam vat. In de natuur worden beiden in verbindingen aangetroffen; het magnesium vindt men in vele mineralen, b.v. talksteen, meerschium en asbest; de phosphorverbindingen zijn vooral als meststoffen bekend. Rijk aan phosphorzuren zouten zijn de guano en de beenderen-aarde, terwijl een mineraal,

Apatiet geheeten, dat als minerale mest meer en meer ingang vindt, geheel uit phosphorzuren kalk bestaat. Ook silicium levert zeer bekende verbindingen; het gewone zand toch bestaat slechts uit silicium en zuurstof, terwijl klei een verbinding is van deze beide elementen met verschillende metalen, waaronder natrium en kalium, die wij boven leerden kennen, of beiden, of ten minste één van beiden steeds voorkomen.

Het bovenstaande moge voldoende zijn om aan te toonen, dat de elementen, waaruit de plantenasch bestaat, geenszins zoo geheel vreemde stoffen zijn, als men op het eerste gezicht zou meenen, doch integendeel alle zeer algemeen zijn en bestanddeelen van zeer bekende verbindingen uitmaken. Uitvoeriger over deze elementen te spreken, zou ons te ver van het onderwerp afvoeren en ons geheel op scheikundig gebied overbrengen. Ik wensch nog slechts ééne zaak op den voorgrond te stellen, nl. dat ook in de plantenasch deze elementen niet in vrijen, maar in verbonden toestand worden aangetroffen en wel zoo, dat koolzuur, phosphorzuur, zwavelzuur en chloor in verbinding met de genoemde metalen zouten vormen. Welke deze zouten zijn is voor ons van weinig belang, daar het zeker is, dat in de levende plant de verbindingen andere zijn, dan in de asch. Het is daarom, dat wij de elementen der asch, en niet de verbindingen hebben aangevoerd; de kennis der eerste toch is van het hoogste gewicht voor de leer van de voeding der planten, de kennis der laatsten echter leert ons daaromtrent zeer weinig en is eerder geschikt ons op een dwaalweg te voeren.

Terwijl wij nu de vraag, waar vandaan de planten onder gewone omstandigheden al deze elementen verkrijgen, dat is met andere woorden, in welke verbindingen en in welken toestand zij in den grond voorkomen, voor een ander hoofdstuk bewaren, moeten wij nu de rol van elk dezer elementen in het plantenleven nagaan. Hierbij valt omtrent de vijf elementen van onze eerste groep op te merken, dat zij allen voor de productie van den eiwitachtigen inhoud vereischt worden, terwijl de drie eersten te samen verbonden zijn in de celstof, waaruit de wand van alle cellen van het plantenlichaam be-

staat. Zonder deze vijf elementen is dus een levende cel niet denkbaar en wij kunnen dus zeggen dat hiermede hun belang voor het plantenleven volledig genoeg bekend is, vooral als men bedenkt, dat nog talloze andere stoffen in het plantenlichaam eveneens uit hen, of uit eenigen van hen samengesteld zijn. Anders is het gesteld met de elementen der beide andere groepen. Verschillende beschouwingen leiden er wel is waar toe, om aan den phosphorus een rol bij het ontstaan van de eiwitstoffen van den celinhoud toe te schrijven, doch deze opvatting is nog geenszins bewezen. Evenzoo is het met de andere genoemde elementen gesteld. Een gunstige uitzondering maakt het ijzer, waarvan men door rechtstreeksche proeven nauwkeurig weet, voor welke verrichtingen het benodigd is. Ik wensch dus dit element eenigszins uitvoeriger te bespreken en daarna nog van enkele der overigen het meest wetenswaardige mede te deelen.

Het ijzer speelt een rol bij het ontstaan van de groene kleurstof der planten. Deze groene kleurstof, het bladgroen, is een van de noodzakelijke voorwaarden voor de productie van organische stof in de plant, zoodat een plant, die deze niet bezit, haar vaste stof niet vermeerderen kan. Slechts woekerplanten en afvalgewassen maken hierop een uitzondering, daar zij hare organische stoffen of aan levende, of aan afgestorven deelen van planten of dieren ontleenen. Zulke gewassen zijn dan ook gewoonlijk van de frissche groene kleur, die de overige planten siert, ten eenenmale verstoken. Groene planten echter bevatten steeds een zekere hoeveelheid ijzerverbindingen, en bij gemis van deze kunnen zij niet groen worden, en dus ook geen organische voedingsstoffen bereiden. Zij verkeeren ten opzichte harer voeding in dezelfde omstandigheden als b. v. de in het donker groeiende zoogenoemd geëtioleerde uitloopers der aardappels in onze kelders. Om deze rol van het ijzer te bewijzen, maakt men gebruik van de reeds meermalen besproken waterculturen. Men kweekt de planten daartoe van hare eerste jeugd af in water, dat wel alle overige voor het leven der plant noodzakelijke stoffen in de vereischte verbindingen en in de juiste hoeveelheid bevat, doch geheel vrij is

van ijzerverbindingen. Men gebruikt dus gedestilleerd water, en lost hierin een mengsel van bepaalde zouten op, die vooraf langs scheikundigen weg van het ijzer beroofd zijn, dat in de in den handel voorkomende grondstoffen niet zelden in geringe hoeveelheid als verontreiniging aanwezig is. Reeds bij het te weeken leggen van het zaad gebruikt men deze voorzorg, en is het noodig de eerste ontkieming in zand te doen plaats vinden, zoo moet ook dit, b. v. door behandeling met zoutzuur en verdere uitwassching, geheel ijzervrij gemaakt worden. Doch hoe nauwkeurig men voor dit alles ook zorg moge dragen, toch zal men geen geheel ijzervrije plant kunnen verkrijgen. In het zaad zelf is een zekere hoeveelheid ijzer aanwezig, die bij de ontkieming in den stengel en de eerste bladen overgaat en deze groen doet worden. Zoodra echter deze geringe hoeveelheid verbruikt is, blijven de volgende deelen bij hunne ontwikkeling bleek-geel. De aanwezigheid van enkele groene bladen is trouwens geen nadeel, daar deze dan het organische voedsel kunnen maken, dat voor den groei der volgende verbruikt moet worden. Wanneer echter deze groene bladen, als de onderste, verdrogen en afvallen, is in den regel de dood van de geheele plant nabij; zij kan zonder groene kleurstof geen voedsel bereiden, en sterft dus als het ware den hongerdood. Omgekeerd kan men juist uit dit feit het bewijs afleiden, dat werkelijk het gemis aan ijzer de koolzuur-ontleding onmogelijk maakt. Wil men echter rechtstreeks aantoonen, dat ijzer voor het ontstaan van bladgroen noodzakelijk is, zoo kan men dit op de volgende wijze doen. Men druppelt bij de ijzervrije oplossing in het cilinderglas, waarin de zonder ijzer opgekweekte plant wortelt, een geringe hoeveelheid van een ter opneming door de wortels geschikt ijzerzout, b. v. ijzervitriool. Na weinige dagen ziet men de bladen der plant groen worden, en zoo men van tijd tot tijd deze toevoeging herhaalt, verkrijgen zij weldra dezelfde donkergroene kleur als de gewone bladen van de gebruikte plantensoort. Het ijzer werd dus door de wortels opgezogen en naar de bladen vervoerd, waar het de groene kleurstof deed ontstaan. Nog interessanter is deze proef, zoo men de oplossing van het ijzerzout

niet aan de wortels ter opneming aanbiedt, maar rechtstreeks op de bladen brengt, en b. v. de eene helft van het blad er mede bes'rijkt, terwijl de andere er van vrij blijft. Men ziet dan de bevochtigde helft groen worden, terwijl de andere haar bleekgele tint behoudt. Behandelt men een door ijzergebrek bleekgeel geworden plant bij tijds op een der aangegeven wijzen met een verdunde ijzeroplossing, zoo is het mogelijk haar leven te redden, daar zij nu weer ongehinderd het koolzuur der lucht opnemen en in meel omzetten kan.

De metalen Kalium, Calcium en Magnesium treft men in de planten, tenminste voor een groot gedeelte, in verbinding met organische zuren, dus in den vorm van zouten aan. Onder hen komt het calcium deels in onoplosbare, deels in oplosbare verbindingen voor; de beide anderen steeds in den laatsten toestand. Algemeen is in de planten eene verbinding van Calcium met zuringzuur verspreid; zij wordt hier en daar in de cellen en weefsels als fraaie kristallen aangetroffen. Wat de oplosbare zouten der drie genoemde elementen betreft, zoo ontstaan deze door hunne verbindingen met verschillende zuren, die den gemeenschappelijken naam van plantenzuren voeren. Deze plantenzuren zijn het, die aan de sappen der planten, vooral aan die van vele vruchten, den bekenden, frisschen, soms zelfs sterk zuren smaak verleenen. De namen appelzuur, wijnsteenzuur, citroenzuur wijzen op dit voorkomen dezer stoffen in vruchten. Deze zuren plegen in de plantensappen ten deele aan de drie genoemde metalen gebonden te zijn, en daardoor een deel van hunne eigenschappen als zuur te verliezen; ware dit niet het geval zoo zoude de smaak van alle plantendeelen veel sterker zuur zijn, dan zij nu is.

Natrium en Chloor komen in de planten, waar zij voorhanden zijn, in den regel te zamen verbonden als chloornatrium d. i. dus als gewoon keukenzout voor. Dit zout is in de natuur zoo algemeen en komt zelfs als fijne korreltjes in het stof der lucht zoo veelvuldig voor, dat men bijna geene plant kweeken kan, zonder dat er ten minste geringe hoeveelheden hiervan opgenomen worden. Doch voor de ontwikkeling der planten heeft dit zout, voor zooverre daar-

omtrent rechtstreeksche proeven gedaan zijn, geene beteekenis.

Het silicium komt, in verbinding met zuurstof, als kiezelzuur in een groot aantal planten voor, en is meestal in de celwanden van volwassen cellen, niet zelden vooral in die van de opperhuid, afgezet. Waar het in groote hoeveelheid voorkomt, maakt het de plantendeelen hard, b. v. de schuurbiezen. Dat het echter voor deze planten niet noodzakelijk is, is gemakkelijk aan te toonen. Het is namelijk niet moeilijk grasplanten, granen of Mais, in een oplossing te kweken, waaruit zij zoo goed als geen kiezelzuur kunnen opnemen. Zij ontwikkelen zich daarbij even goed en even volledig als op het vrije veld, en de stevigheid der stengels is bijna niet geringer dan gewoonlijk. Uit deze proef is het dus duidelijk, dat de voornaamste levensverrichtingen der planten ook bij volkomen gebrek aan kiezelzuur kunnen plaats vinden.

DE LEER DER BEMESTING.

In onze voorgaande hoofdstukken hebben wij de voornaamste stoffen besproken, die in het plantenlichaam een belangrijke rol spelen, en de bronnen nagegaan, uit welke de planten deze stoffen putten. Wij hebben daarbij voornamelijk de wetenschappelijke zijde van de te behandelen vragen op den voorgrond gesteld, en slechts van tijd tot tijd deze beschouwingswijze verlaten, om dáár waar praktische quaestiën in nauw verband stonden met onze onderwerpen, ook aan deze voor korte oogenblikken onze aandacht te wijden. Er blijft ons thans voor de beschouwing, die wij nog aan de algemeene verschijnselen van de voeding der planten willen wijden, een onderwerp over van zoo overwegend praktisch belang, dat wij het niet geheel met stilzwijgen mogen voorbijgaan. Ik bedoel de leer der bemesting, zoowel van die van uitgestrekte landerijen, als van de meer in het klein plaats vindende, doch jaarom juist met te meer zorg behandelde vruchtbaarmaking van den grond van bloemen moestuinen. Doch ook hier wensch ik zooveel mogelijk het wetenschappelijke standpunt te behouden, dat wij tot nog toe bij onze beschouwingen innamen. Aan andere meer uitgebreide verhandelingen moge het overgelaten blijven praktische wenken voor bijzondere gevallen te geven, aan te wijzen welke plantensoorten op dezen, welke op genen bodem den grootsten oogst opleveren, of de keus der meststoffen voor bepaalde cultuurplanten en bepaalde grondsoorten te bepalen. Hier is

het ons te doen om een algemeen inzicht te verkrijgen in de voornaamste verschijnselen, het algemeene van het bijzondere te schiften, en dit laatste slechts te gebruiken als voorbeeld van de algemeene wetten en regels, zonder door een te groote opeenstapeling van afzonderlijke feiten, het juiste inzicht in de hoofdzaken moeilijker te maken.

Het moet echter voor een ieder duidelijk zijn, dat deze methode van behandeling wel dàar met goed gevolg in toepassing kan gebracht worden, waar de kennis van de verschijnselen, ten minste in hoofdzaken, volledig is, dat zij echter in die gevallen, waar ons nog verscheiden zaken duister zijn, wier kennis voor een volkomen juist inzicht vereischt wordt, slechts met moeite en met omzichtigheid kan worden doorgevoerd. In zulken toestand bevindt zich nu het onderdeel onzer wetenschap, dat wij op de volgende bladzijden moeten bespreken, en ik meen daarom aan mijne lezers geen ondienst te doen, zoo ik uit het voorhanden materiaal een eenigszins willekeurige keuze doe en hun slechts die zaken voordraag, welke tot een duidelijk algemeen inzicht kunnen lijden, zonder er daarbij waarde aan te hechten, of de medegedeelde regels aan uitzonderingen onderhevig zijn, of dat voor een toepassing op enkele afwijkende gevallen de gegeven voorstelling wijzigingen zou moeten ondergaan. Van de behandeling van al deze bijzondere gevallen moet ik hier afzien, daar zij geheel buiten mijn tegenwoordig doel gelegen zijn.

Het zij mij veroorloofd, vóór dat ik tot mijn eigenlijk onderwerp overga, in korte trekken eenige hoofdpunten uit de uitkomsten van onze vorige beschouwingen te recapitulereen, daar deze voor de tegenwoordige het noodzakelijke uitgangspunt vormen. Ik beperk mij daarbij tot de groene landplanten, daar zoowel de watergewassen alsook de woeker- en afvalplanten geen deel van onze beschouwingen zullen uitmaken.

Onder de stoffen, die aan de samenstelling van het plantenlichaam deel nemen, komt aan het water de eerste plaats toe, zoowel wat de belangrijkheid van zijn rol, als vooral wat zijn hoeveelheid betreft. Zonder water is geen verrichting van het leven denkbaar; voor alle bewegingen, zoowel die van den

groei als de verplaatsing van voedingsstoffen en voor elke andere groote of kleine beweging die bij een levensfunctie wordt waargenomen, is water een onmisbare voorwaarde. De overige bestanddeelen der plant zijn deels organische, deels anorganische, die overal, en zoover men weet, onafscheidelijk aan elkander verbonden, in het plantenrijk voorkomen. De anorganische stoffen worden als zoodanig door de wortels uit den grond opgenomen, hetzij zij daar in dezelfde verbindingen voorkomen als in de plant, hetzij zij in andere, eveneens opneembare verbindingen worden aangetroffen. De organische worden door groene landplanten niet als zoodanig opgenomen, maar worden in het plantenlichaam uit anorganische stoffen voortgebracht. Dit proces, dat wij onder den naam van koolzuurontleding leerden kennen, geschiedt in de bladgroenkorrels, welke in de cellen der bladen en der groene stengeldeelen gelegen zijn. De anorganische materialen zijn het koolzuurgas der lucht en het water; deze worden onder den invloed van het licht en de groene kleurstof omgezet in een organische verbinding: het zetmeel. De daarbij vrij wordende zuurstof verlaat de plant en vermengt zich met de buitenlucht. Het zetmeel is bij verreweg de meeste planten de eerste vorm, waaronder de organische stof in de plant voor ons oog waarneembaar optreedt; het is het product der koolzuurontleding. Door omzettingen en veranderingen van dit zetmeel, door verbinding er van met verschillende andere stoffen, worden de talloze organische stoffen gemaakt, die in het plantenrijk voorkomen. Wel is waar, is dit nog niet voor alle bewezen, doch uit al wat men omtrent deze verschijnselen weet, mag men deze gevolgtrekking als hoogst waarschijnlijk afleiden, zelfs voor die stoffen, die, zooals het eiwit, in hooge mate in samenstelling van zetmeel afwijken. Koolzuur en water zijn dus onmisbare voorwaarden voor het plantenleven, en daar in de eiwitachtige lichamen daarenboven nog stikstof en zwavel voorkomen, welke door de plant als ammoniakzouten of als salpeterzure zouten en als zwavelzure zouten worden opgenomen, zoo moeten ook deze verbindingen als onmisbaar beschouwd worden.

Voor het plantenleven zijn dus drie groepen van anorganische verbindingen noodig: 1^o. het water, 2^o. die, welke de elementen der organische stoffen leveren, 3^o. die, welke de elementen der anorganische stoffen in zich bevatten. Sommige van deze worden in de lucht aangetroffen, door welke tevens de voor de ademhaling onontbeerlijke zuurstof worden aangevoerd. Het zijn het koolzuur en in geringer hoeveelheid het ammoniakgas. De overige moeten echter in den grond aanwezig zijn, zal deze werkelijk het plantenleven kunnen onderhouden. Om later te vermelden redenen is echter ook de aanwezigheid van koolzuur en ammoniak in den bodem noodig. Men kan echter gemakkelijk inzien, dat de aanwezigheid van al deze stoffen op zich zelve nog niet voldoende is; zij moeten ook in zoodanigen toestand worden aangetroffen, dat zij door de wortels der planten kunnen worden opgezogen. Het spreekt van zelf dat ook de hoeveelheid, waarin zij voorkomen, bij de beoordeeling van een grondsoort in aanmerking komt. Een vruchtbare aarde moet dus alle voor het plantenleven noodzakelijke stoffen in genoegzame hoeveelheid en in opneembaren vorm in zich bevatten. Deze stelling kan als de hoofdregel beschouwd worden, waarom elke beoordeeling van de vruchtbaarheid van een bodem en dus ook de geheele leer der bemesting draait. Ter wille van de volledigheid is het wellicht goed op te merken, dat de doordringbaarheid van den grond voor de lucht, die de zuurstof aan de wortels moet toevoeren en eveneens de gelegenheid tot afvoer van het staande water met hetzelfde doel, buiten de beschouwing blijft; iets wat te minder schaadt, daar wij hierover in ons eerste hoofdstuk reeds het noodige hebben medegedeeld. In hetgeen nu volgt gaan wij van de onderstelling uit, dat aan deze beide voorwaarden steeds genoegzaam voldaan zij.

Voordat wij tot de beoordeeling van de vruchtbaarheid van een grondsoort kunnen overgaan, is het natuurlijk noodzakelijk ons allereerst van de samenstelling en den bouw van den bodem onzer bouwlanden en tuinen een juiste voorstelling te maken. Deze kennis toch is voor de beoordeeling van de waarde van een grondsoort van groot gewicht, ja zelfs van veel meer be-

lang, dan b.v. de nauwkeurige kennis van hare scheikundige samenstelling zoude zijn. De laatste toch leert ons wel de aanwezige stoffen kennen, maar laat het onbeslist, of zij in opneembaren of in onoplosbaren toestand daarin voorkomen.

Wanneer wij een zandgrond, b.v. het zand onzer duinen, of dat van de op voormalige heidevelden aangelegde korenvelden, in water goed omroeren, zoo wordt het water troebel en zoo wij nu deze troebele vloeistof van het bezonkene zand afgieten en in een ander vat overgieten en daar in rust laten, zoo zet zich daaruit langzamerhand een laagje slib af, dat na droging gemakkelijk tot een uiterst fijn poeder gewreven kan worden. Dit slib noemt men klei; de zandgrond is dus een mengse van zand en klei. Wasschen wij het zand met veel water uit, zoo kunnen wij al de klei er uit verwijderen en houden het zuivere zand over, dat dan uit kleine, ronde korreltjes bestaat, die meestal met het bloote oog, soms echter slechts met een loupe, goed te onderscheiden zijn. Onderwerpen wij een kleigrond aan dezelfde bewerking en kiezen wij daartoe b.v. de klei, die langs de oevers onzer rivieren de bovenste dunne laag van de aardschors uitmaakt en aan die streken hare bekende vruchtbaarheid, vooral voor graangewassen, verleent. Bij het roeren van deze in water, nemen wij dezelfde splitsing waar, met dit onderscheid, dat er hier veel meer slib opgenomen wordt en slechts een geringe hoeveelheid zand terstond bezinkt. Een leembodem zou behalve deze twee deelen nog een derde vertoonen, namelijk hoekige steenbrokjes, die van verschillende grootte zijn, doch meestal iets grooter dan de zandkorrels. Grootere en kleinere steenbrokken komen in de meeste grondsoorten voor en worden vooral in het zand onzer heidevelden in groote hoeveelheid waargenomen. Al deze deelen, van de groote steenen en het grind af, tot de fijne bijna onzichtbaar kleine korreltjes van de klei, zijn van anorganische natuur. Behalve deze komen er echter in elken bodem, die van plantengroei niet geheel ontbloot is, nog overblijfsels dezer planten voor, die uit organische verbindingen bestaan en onder de inwerking van lucht en water voortdurende veranderingen ondergaan. Aan de aanwezigheid van deze verrotte en half

vergane plantendeelen heeft de bovenste laag van den grond onzer heidevelden en duinen die donkere, soms meer grijze, soms bijna zwarte kleur te danken, die haar zoo scherp van het er onder liggende heldere, lichtgele zand onderscheidt. Gelijk iedereen weet, wordt de dikte van deze korst bepaald door de diepte, tot op welke de wortels der meest algemeene daar groeiende plantensoorten in den bodem indringen. Dat zulk een donkere korst op onze bouwlanden niet eveneens aangetroffen wordt, moet eenvoudig aan het omploegen en de verdere bewerkingen van den grond worden toegeschreven. De organische overblijfsels van de plantenwortels komen ook in dezen voor, maar worden door de bedoelde bewerkingen meer met den bodem vermengd. De fijnverdeelde, halfvergane plantenoverblijfsels in den grond vormen datgene, wat men gewoon is humus te noemen. In zuiveren toestand, d. i. niet vermengd met klei of zand, is deze stof in den tuinbouw als bladaarde bekend, die, gelijk men weet, uit afgevallen bladeren onder den invloed van vochtige lucht ontstaat en verkregen wordt. In groote hoeveelheid met zand of klei vermengd, komt deze humus in de gewone tuinaarde voor, waaraan de grijsachtig zwarte kleur van deze te danken is. Voor sommige doeleinden is een bepaald mengsel van zandgrond en humus noodig, zoo b.v. voor de cultuur van bloembollen. In de omstreken van Haarlem, waar deze cultuur in het groot gedreven wordt, wordt de grond daartoe bereid door vermenging van duinzand met veengrond, welke laatste onder deze omstandigheden spoedig door de zuurstof der lucht aangetast wordt en zoo den gewenschten humus levert.

Naast de opgenoemde grondsoorten mogen wij niet verzuimen nog het kalkzand te vermelden. Dit vertoont bij omroering met water dezelfde troebeling als gewoon zand, doch de samenstelling zijner korrels in een geheel andere. Het meest valt dit onderscheid in 't oog, zoo men de met water afgewasschen en dus van slib bevrijde korrels met een verdunde oplossing van gewoon zoutzuur behandelt. Op het zand onzer duinen en heidevelden heeft dit zoo goed als geen invloed, hoogstens lost het enkele kleine kalkstukjes er uit op; het kalkzand lost

er echter geheel of grootendeels in op, terwijl een groote hoeveelheid ontwijkende gasbellen op de afscheiding van koolzuur wijzen. Is de werking van het zuur opgehouden, dan is al de kalk opgelost, terwijl de overblijvende stukjes in samenstelling met gewoon zand, zoogenoemd kiezelzand of kwartzsand, overeenkomen. Landstreken, wier bodem uit dit kalkzand bestaat, kenmerken zich dikwijls door de helder witte of grijze kleur van den grond, een eigenschap die vooral bij het stof, dat de wegen bedekt, zeer sterk in het oog loopt.

Klei, zand, kleinere en grootere steenstukken en grind, verder kalkzand (koolzure kalk) in grootere en kleinere korrels en humus zijn dus de voornaamste vaste bestanddeelen van den bodem, met welke niet zelden ijzerroest (ijzeroxyde) en enkele andere stoffen, ofschoon meest in geringe hoeveelheid, vermengd zijn. Zeer zelden bestaat een grondsoort zuiver uit één dezer bestanddeelen, meestal is zij een mengsel van twee of meer der genoemde stoffen en draagt dan haar naam naar die, welke er in de grootste hoeveelheid in voorkomt. Gelijk men uit de voorgaande mededeelingen ziet, is het niet moeilijk de samenstelling van een grondsoort te leeren kennen; een loupe tot onderscheiding der fijne korrels, zoutzuur tot herkenning der kalk en hoogstens nog het gloeien tot verwijdering van den humus, zijn in het algemeen voldoende hulpmiddelen.

Behalve deze vaste stoffen komen in elken vruchtbaren of ten minste plantendragenden bodem nog een aantal andere verbindingen voor, die door de planten kunnen worden opgenomen. Behandelt men de grondsoort met veel water, dat door toevoeging van een zuur zwak zuur gemaakt is, zoo gaan deze stoffen langzamerhand in oplossing in het water over en kunnen dus na volledige bezinking van zand en slib afgescheiden worden. Op deze wijze komt men tot de kennis van een aantal stoffen in den bodem, waarvan de voornaamste kali, natron, ammoniak, kalk, magnesia en ijzeroxyde zijn, die echter niet vrij, doch in verbinding met zuren, worden aangetroffen. Onder deze zuren behooren phosphorzuur, kiezelzuur, zwavelzuur, salpeterzuur, zoutzuur en vooral koolzuur genoemd

te worden. Al deze stoffen spelen bij de voeding der planten een rol, gelijk uit een vergelijking met de opgaven in ons vorige hoofdstuk kan blijken. Behalve deze komen niet zelden nog organische zuren in het waschwater onzer proef voor, die van den humus afkomstig zijn en daarom veelal humuszuren genoemd worden. Verder zijn een aantal andere deels onverschillige, deels zelfs schadelijke stoffen in verschillende grondsoorten aangetroffen; hare opnoeming zou te dezer plaatse echter weinig nut hebben.

Aan den eigenaardigen toestand, waarin zich deze oplosbare bestanddeelen bevinden, moeten wij thans voor eenigen tijd hoofdzakelijk onze aandacht wijden.

Op een vruchtbaar land vormt de aarde een poreuse massa, in welke de tusschenruimten tusschen de zandkorreltjes, de fijne kleideeltjes, de overblijfselen der planten en de overige vaste deelen, worden ingenomen door lucht. Voor den groei der wortels zijn deze luchthoudende poriën noodzakelijk, daar de vrije beweging van de lucht daarin aan de wortels de voor de ademhaling noodige zuurstof toevoert. Staat op een bouwland het grondwater tot dicht onder de oppervlakte, zoo sterven de wortels in dit water af, daar zij geen genoegzame hoeveelheid zuurstof kunnen opnemen, een gevaar, dat men steeds door draineeren of door andere middelen tracht te voorkomen. In normalen toestand bevat dus de grond tot op eenigen afstand onder de wortels, en wel gewoonlijk tot op groote diepte, in zijne poriën geen staand water, doch lucht, en zoo de natuur dezen toestand niet van zelf geeft, tracht men zich dien door de kunst te verzekeren. Zoo dikwijls het nu regent en de fijne poriën der bovenste aardlaag zich met water vullen, zakt dit langzamerhand in den ondergrond weg en er blijft slechts zooveel achter, als, om het zoo eens uit te drukken, aan de oppervlakte der korrels en in de allerfijnste tusschenruimten der kleine vaste deeltjes, hangen blijft. Dit water is het, dat door de wortels kan worden opgezogen en dat in regel in zoo groote hoeveelheid in deze poriën achterblijft, dat het langen tijd aan de behoeften der planten voldoen kan. Is deze voorraad na een langen tijd van droogte opgebruikt,

zoo verraadt zich dit spoedig door het fletsch worden van de bladen en de jeugdige stengeldeelen der planten. In dit water is het tevens dat de boven besprokene oplosbare bestanddeelen van den grond werkelijk opgelost en in dien toestand gebracht worden, waarin zij door de planten kunnen worden opgenomen.

Wat zal er nu met deze opgeloste stoffen gebeuren, zoo een zware stortregen alle poriën van den grond met water vult en dit water daarna langzamerhand wegzakt in den ondergrond, die voor de plantenwortels niet meer bereikbaar is? Op het eerste gezicht zou men allicht meenen, dat dit regenwater zich met het vooraf in den grond aanwezige moet vermengen en daaruit de opgeloste stoffen grootendeels overnemen. Bij zijn verdwijnen in den ondergrond zou het deze medevoeren en de bovenste aardlaag er dus van berooven. En zoo dit zich bij elken regen herhaalde, zou de bovenlaag weldra als het ware uitgewasschen en leeggespoeld zijn en geen oplosbare bestanddeelen meer bevatten. Zetten wij deze redeneering verder voort, dan komen wij tot de conclusie, dat regens na verloop van tijd de bovenlaag der aarde, d. i. die laag waarin zich de wortels der planten bevinden, zouden berooven van al die stoffen, die juist door de wortels moeten worden opgenomen en dus, m. a. w. dat zij weldra een streek onvruchtbaar zouden moeten maken. De dagelijksche waarneming van alle, niet door den mensch bebouwde en toch rijkelijk met planten begroeide streken, leert ons het tegendeel, en er moet dus in onze redeneering een fout schuilen, die slechts daarin liggen kan, dat wij ten onrechte aannamen, dat het regenwater de oplosbare stoffen met zich in den ondergrond voert. M. a. w. bewijst ons het feit, dat de bovenlaag der aarde bij voortdurende in staat is aan de wortels de noodige oplosbare bestanddeelen aan te bieden, dat deze aardlaag het vermogen bezit deze stoffen tegen de uitspoelende werking van regenwater in zich vast te houden.

Een gemakkelijk middel om ons rechtstreeks van de juistheid van deze conclusie te overtuigen, leveren de draineerbuizen. Het water toch, dat in deze wegloopt, is door de

bovenste aardlaag heengedrongen, voor dat het de buizen bereikte. Onderzoekt met het scheikundig, zoo blijkt het uit den bodem slechts zeer geringe hoeveelheden van diens oplosbare bestanddeelen opgenomen te hebben. Men kan deze proef ook in 't klein herhalen. Hiertoe brengt men in een trechter een stuk filtreerpapier, zoo gevouwen, dat het in den vorm van een wijd peperhuis juist in den trechter past, en daarbij noch van onderen, noch aan de zijden eenige zichtbare opening heeft. Men zet nu den trechter met de buis verticaal, b. v. in den hals van een leege flesch, of hangt hem op een of andere wijze in dien zelfden stand boven een glas of bakje op. Giet men den trechter vol water, zoo loopt dit door de onzichtbaar fijne poriën van het filtreerpapier in de buis, en valt in het bakje er onder. Neemt men in plaats van zuiver water een oplossing van eenig zout, of van suiker, of van kleurstoffen, zoo loopt de vloeistof er steeds onveranderd door. Vult men nu den trechter b. v. ter halver hoogte met tuinaarde, en giet men nu weer water op, dan zal men het afloopende water kunnen onderzoeken, en nagaan of dit de zouten uit den grond heeft opgenomen. Even als in het water der draineerbuisen treft men ook hier slechts geringe hoeveelheden dier stoffen in het doorgefiltreerde water aan.

Al deze feiten bewijzen ons dus, dat aarde het vermogen bezit de voor het plantenleven noodige stoffen in zich vast te houden, en ze niet aan doorsijpelend water af te geven. Deze eigenschap, die behalve aan verschillende grondsoorten nog aan enkele andere fijn-poedervormige of poreuze stoffen eigen is, is, gelijk men gemakkelijk inziet, van het hoogste belang, zoowel in de huishouding der natuur als in den land- en tuinbouw. Zonder haar toch zou het leven van landplanten zoo goed als onmogelijk zijn. Deze groote belangrijkheid noodzaakt ons eenigszins langer bij haar stil te staan. Vooraf deelen wij mede, dat men haar met den naam van absorptie- of opslorpings-vermogen bestempelt, en dat men dien overeenkomstig zegt, dat de opgeloste zouten in den grond geabsorbeerd zijn. Nu is het absorptievermogen van de meeste grondsoorten veel aanzienlijker, dan men vermoeden zou, zoo

men uitging van de geringe hoeveelheden van de verschillende stoffen, die onder gewone omstandigheden in den grond geabsorbeerd zijn. Om dit te bewijzen maken wij van de zoo even beschreven inrichting gebruik en gieten op de aarde in den trechter nu geen zuiver water, doch een oplossing van het een of andere zout, en wel van een bepaalde sterkte. Nemen wij b. v. een oplossing van phosphorzure kali, een stof, die in elken vruchtbaren bodem voorkomt, en waarvan de elementen tot de voor het plantenleven noodzakelijke behooren. Over de rol, die phosphorzuur en kaliumverbindingen in het plantenleven spelen, hebben wij in ons laatste hoofdstuk gesproken. Vergelijkt men nu de sterkte van de opgegoten oplossing met die van het doorgevloeide vocht, zoo ziet men dat de laatste veel geringer is. M. a. w. de aarde heeft uit de doorzakkende vloeistof een zekere hoeveelheid phosphorzure kali opgenomen, of, zooals men het noemt, geabsorbeerd, Giet men nu weer zuiver water op, zoo neemt dit slechts een zeer klein gedeelte van het zout op, en loopt dus eveneens bijna zuiver af. Hetzelfde geldt van de overige stoffen, die in den grond gewoonlijk voorkomen. Slechts door zeer langdurig uitwasschen, met groote hoeveelheden water; is het mogelijk de geabsorbeerde zouten uit aarde te verwijderen. Een zeer goede methode, om het absorptievermogen van grondsoorten te demonstreeren is het gebruik maken van gekleurde vloeistoffen, b. v. van water, dat door de aanwezigheid van rottende plantaardige deelen een bruine kleur heeft aangenomen. Het is goed de vloeistof eerst in een anderen trechter enkel door filtreerpapier te laten loopen, ten einde alle zwevende deeltjes er uit te verwijderen, en zich te overtuigen, dat de bruine kleurstof werkelijk opgelost is. Deze bruine vloeistof, op de aarde in onzen eersten trechter gegoten, loopt helder of ten minste bijna helder af. Men ziet hier dus het feit voor oogen, dat de aarde deze kleurstof absorbeert, en behoeft geen verdere onderzoekingen, om zich van het bestaan dezer eigenschap te overtuigen.

De belangrijkheid van dit absorptievermogen van bouwgronden voor de leer van het leven der planten, zoowel als voor

de theorie van den landbouw, moge het verontschuldigen, dat ik hier in korte woorden een praktisch gebruik van deze eigenschap wensch in herinnering te brengen. Ik bedoel het filtreeren van het drinkwater, dat, na in de duinen in kanalen en bassins verzameld te zijn, door onze waterleidingen aan verschillende steden, in ons vaderland o. a. aan Amsterdam en 's Gravenhage wordt toegevoerd. Het water, dat in de bassins en kanalen aan de open lucht gestaan heeft, waarin door afgevallen bladen of afgestorven planten en dieren rottende stoffen gekomen zijn, dat in één woord verschillende stoffen bevat, die zijn waarde als drinkwater vermindert, moet, voor dat het in de buizen aan de verbruikers wordt toegevoerd, zuivering ondergaan. Deze bestaat daarin, dat men het door zand filtreert, waarbij het zand de bedoelde stoffen absorbeert en dus aan het doorsijpelende water onttrekt. Daartoe gebruikt men groote, vlakke bassins, wier bodem met een laag zand bedekt wordt, waarop men water laat vloeien. Dit zakt langzaam door het zand heen, en geeft zijn schadelijke stoffen hieraan af. Het door het zand heen gefiltreerde water wordt verzameld en is gereed om in de buizen geperst te worden, Het behoeft wel geen vermelding, dat het zand van tijd tot tijd verwijderd en door nieuw vervangen moet worden, daar het slechts een beperkte hoeveelheid van elke stof kan absorbeeren, en deze daarna bij voortgezet gebruik ongehinderd zou laten doorvloeien.

Het absorptievermogen is niet voor alle grondsoorten hetzelfde en kan, door toevoeging van bepaalde stoffen, verhoogd worden. Zeer gering is het bij compacten leemgrond en bij zulke zandgronden, die arm aan klei, bijna geheel uit zandkorrels bestaan. In een fijn poreuzen grond daarentegen is het in den regel zeer groot. Boschaarde bezit slechts een gering opslorpend vermogen voor verschillende stoffen, b. v. voor kiezelzure kali (zoogenoemd waterglas). De oorzaak hiervan is in het groote gehalte aan humus te zoeken; vermengt men deze aarde met fijn gestampt krijt, zoo neemt het absorptievermogen toe. Voegt men 10 % van dit krijt toe, zoo verkrijgt zulke aarde niet zelden het vermogen van 70—80 maal

meer kiezelzure kali op te nemen, dan zij zonder krijt absorbeeren kon. Ook andere stoffen zijn in staat deze eigenschap belangrijk te wijzigen. Van daar dat men op de landerijen, waar de grond door onvoldoende absorptie der zouten onvruchtbaar is, door toevoeging van krijt of kalk, of van een andere geschikte stof, deze fout herstellen en zodoende den grond weer bruikbaar maken kan. Van de verschillende doeleinden, waarmede bemestingen plaats vinden, leeren wij dus hier reeds eene kennen. Daarop komen wij echter later terug.

Een volkomen voldoende verklaring van de absorptie van verschillende stoffen door grondsoorten kan tegenwoordig nog niet gegeven worden. Liever dan een uiteenzetting te geven van de verschillende zienswijzen over dit onderwerp, of van voorstellingen omtrent den aard van het verschijnsel, die misschien ten deele juist, doch zeker in menig opzicht nog onjuist of onvolledig zijn, wil ik dit punt geheel met stilzwijgen voorbijgaan. Hoe belangrijk de kennis van een voldoende verklaring ook zijn zou, voor een juist inzicht in de beginselen van de leer der bemesting kan men zich met de empirische kennis tegenwoordig tevreden stellen. Alleen wensch ik op te merken, dat het als vrij zeker mag worden aangenomen, dat de absorptieverschijnselen onderling van zeer verschillende natuur zijn en dat sommige stoffen daarbij ontleed worden, of met in den grond reeds aanwezige lichamen verbindingen aangaan, terwijl andere zonder verandering en in haar geheel worden opgenomen.

Wanneer al het water uit een hoeveelheid aarde verdampt en deze dus volkomen droog wordt, gaan de opgeloste stoffen natuurlijk ook in drogen toestand over en hechten zij zich daarbij aan de vaste, onoplosbare deelen van den grond. Deze vasthechting kan men vergelijken met die van kleurstoffen op de vezels van linnen of katoen en de groote kracht waarmede deze vastkleven en aan de oplossende werking van water weerstand kunnen bieden, kan ons eenigzins ter verklaring van het absorptievermogen van grondsoorten dienen.

Wij zijn over den bouw en de samenstelling van bouwgrond

zeer uitvoerig geweest. Wij hebben gezien, dat deze uit vaste, onoplosbare, grof- en fijnkorrelige deeltjes bestaat, waartussen andere stoffen in gemakkelijk oplosbaren of zelfs in opgelosten toestand voorkomen. Het zijn juist deze laatste, die de planten door hare wortelharen uit den bodem opzuigen en die zij, ten deele ten minste, voor haar normale ontwikkeling volstrekt noodig hebben. Elke grondsoort, die deze laatste stoffen of geheel mist of in slechts onvoldoende hoeveelheid bevat, ja zelfs elke grond, die een dezer noodzakelijke stoffen niet genoegzaam aan de plantenwortels kan aanbieden, is voor een krachtig plantenleven ongeschikt en dus onvruchtbaar.

Het is nu gemakkelijk hieruit af te leiden wat men doen moet, om aan zulk een grond zijn vruchtbaarheid terug te geven, m. a. w. waarin voor hem de bemesting bestaan moet. Hierbij doen zich verschillende gevallen voor:

- 1^o. Bepaalde, voor het plantenleven noodzakelijke stoffen komen in een grondsoort in het geheel niet of in onvoldoende hoeveelheid voor. Zij moeten dus daaraan toegevoegd worden en wel in een opneembaren vorm.
- 2^o. Zulke stoffen komen niet in den oplosbaren, doch wel in den onoplosbaren toestand voor. In dit geval is het zeer dikwijls mogelijk ze door toevoeging van andere stoffen in den eerstgenoemden toestand over te voeren.
- 3^o. Het absorptievermogen is onvoldoende en de meststoffen worden dus niet geabsorbeerd. Door toevoeging van bepaalde stoffen moet eerst dit absorptievermogen hersteld worden, eer de toevoeging van andere meststoffen nut kan hebben.

Van deze drie gevallen speelt het eerste in de praktijk der bemesting de hoofdrol; het derde komt zeldzamer voor. Terwijl wij dus over het tweede en derde kort kunnen zijn, moeten wij aan het eerste eenigszins langer onze aandacht wijden.

Blijkt een land onvruchtbaar te zijn, of ook slechts in vruchtbaarheid af te nemen, zoo eischt het welbegrepen belang van den landbouwer een nauwkeurig onderzoek van den grond. Blijkt daarbij de aanwezigheid van het laatste geval, zoo moe-

ten, al naar gelang der oorzaken, verschillende meststoffen worden toegevoegd, die het absorptievermogen verhoogden. Is b. v. de aanwezigheid van zuren humus de oorzaak, zoo is de toevoeging van krijt of kalk, die het zuur afstompt, een goed middel, waarbij echter dikwijls een betere drooglegging van den te vochtigen grond noodig is om op den duur zijn doel te bereiken. Is het eerste geval voorhanden, zoo wijst het scheikundig onderzoek natuurlijk aan, welke stoffen in voldoende hoeveelheid aanwezig zijn en welke ontbreken of in ongenoegzame hoeveelheid voorkomen. Daar men nu, gelijk wij in onze vorige verhandelingen uitvoerig uiteengezet hebben, gemakkelijk weten kan welke stoffen een plant noodig heeft, zoo behoeft men slechts na te gaan welke van deze ontbreekt. Deze stof zal het zijn, die door bemesting moet worden toegevoerd. Veel algemeener komt het echter voor, dat de voor de plant noodzakelijke stoffen wel in den grond in voldoende, ja dikwijls in overgrootte hoeveelheid aanwezig zijn, doch dat zij daarin in den onoplosbaren toestand voorkomen. Dan komt het er op aan een zekere hoeveelheid uit dien staat over te voeren in een toestand, waarin zij door de planten kunnen worden opgenomen. Deze verandering kunnen de bedoelde stoffen óf onder de werking van verschillende zouten ondergaan, óf onder die van het koolzuur. Om het laatste in den bodem te brengen, moet men natuurlijk dezen met stoffen vermengen die langzamerhand in koolzuur veranderen, daar het koolzuur zelf, als een gasvormig lichaam, tot bemesting ongeschikt is. De gemakkelijkste en rijkelijkste bronnen van koolzuur zijn, gelijk bekend is, half verrotte overblijfselen van planten of dieren, die langzamerhand vergaan. Bij dit vergaan toch gaan zij onder opname van zuurstof uit de lucht in koolzuur, water en enkele andere verbindingen over.

Zie daar de reden van de bemesting met organische stoffen, een wijze van bemesting, die langen tijd bijna de eenige gebruikelijke was en thans nog verreweg de belangrijkste rol speelt. Te meer komt haar die rol toe, daar de gebruikelijke dierlijke uitwerpselen, behalve de organische stof, nog verschillende anorganische verbindingen bevatten, wier toevoeging

aan het land slechts voordeelig, ja niet zelden volstrekt noodzakelijk is. In den loop van den zomer vergaat de organische meststof langzamerhand, zij is dus een voortdurende bron van koolzuur, dat in het door den grond geabsorbeerde water zich verspreidt en oplossend op een aantal der belangrijkste bestanddeelen werkt. Elken dag lost het van deze een zekere hoeveelheid op, en terwijl steeds de opzuiging door de wortels de hoeveelheid opneembare stoffen in den bodem vermindert, bewerkt het koolzuur bij voortduring een vermeerdering van deze lichamen, ten koste van de vaste bestanddeelen, die zonder den invloed van dit koolzuur onoplosbaar en dus voor het plantenleven geheel nutteloos zouden zijn.

In deze oplossende werking kan, gelijk wij mededeelden, het koolzuur door andere stoffen vervangen worden. Zoo kunnen de moeilijk oplosbare phosphorzuren zouten door toevoeging van keukenzout of salpeter in den opgelosten toestand worden overgevoerd. Ook deze methode wordt, in bepaalde gevallen, gebruikt, en heeft het voordeel dat deze meststoffen niet zelden, gelijk b. v. de laatstgenoemde, ook zelf door de planten opgenomen en nuttig verwerkt kunnen worden.

Trachten wij nu de gevondene regels toe te passen, niet op gronden, die voor het eerst in cultuur gebracht moeten worden en dus nog geen bewerking door den mensch ondergaan hebben, maar op velden, die sedert lange jaren door den mensch bebouwd worden. Was de methode van bebouwing steeds goed, zoo komt het er slechts op aan, voortdurend den goeden toestand van den bouwgrond te behouden en te zorgen, dat deze door de cultuur niet verminderde. Is echter de vruchtbaarheid slechts een geringe, hetzij dit in de natuur van het veld zijn oorzaak heeft, hetzij zij door onvoldoende zorgen langzamerhand is afgenomen, dan is het noodig haar weer tot haar grootst mogelijken trap terug te voeren. Het komt er dan op aan om den bovengrond te onderzoeken en na te gaan, welke de oorzaak van de mindere vruchtbaarheid is. Is deze oorzaak gevonden, zoo moet zij, door bemesting of andere bewerking van den bodem verwijderd worden; de beginselen waarop dit berust, hebben wij hierboven reeds

aangegeven. Gaan wij het andere geval eenigszins uitvoeriger na, n. l. dat, waarin het er slechts op aankomt, een goeden bouwgrond in dien toestand met zoo weinig mogelijk veranderingen te behouden.

Teneinde voor dit geval met juistheid te kunnen beoordeelen, waarin de zorg van den landbouwer zal moeten bestaan, is het noodig na te gaan, welke veranderingen de akker gedurende den loop van een jaar van bebouwing onvermijdelijk ondergaat. Onder deze is wel in de eerste plaats het wegvoeren van den oogst te noemen. Het aan den akker toevertrouwde zaad is onder den invloed van warmte en vochtigheid ontkiemd, de jonge planten zijn allengs tot een groot en krachtig gewas aangegroeid en hebben een rijken bladerdosch ontwikkeld, of in tal van vruchten, in wortels of andere organen een groote hoeveelheid voedsel opgezameld. Hiertoe bereidden zij, gelijk wij weten, de organische stof zelf, en wel uit het koolzuur der lucht. De anorganische stoffen echter, waarvan wij in een vorig hoofdstuk de onmisbaarheid voor het plantenleven aantoonde, ontnamen zij aan den bodem en zetten zij in hare bladen, stengels en vruchten af. Ook een paar der voor de vorming van eiwitachtige stoffen noodige bestanddeelen werden geheel of grootendeels aan den grond ontleend. Wanneer nu in den zomer of in het najaar de oogst wordt afgemaaid of gerooid en van den akker weggevoerd, verliest deze daardoor de geheele hoeveelheid der anorganische bestanddeelen, die de gewassen uit hem opgenomen hadden, m. a. w. de asch der cultuurplanten. Werden zoo jaar op jaar oogsten weggevoerd en deze asch niet telkens teruggegeven, zoo zou de akker weldra uitgeput raken en dat wel juist van die bestanddeelen, welke voor het plantenleven het meest noodzakelijk zijn. In geringe mate verliest de grond eveneens van zijne anorganische bestanddeelen door regens, welke kleine hoeveelheden der opgeloste stoffen mede in den ondergrond voeren. Hoe sterker bepaalde stoffen door bemesting toegevoegd zijn, hoe grooter dit verlies zal zijn; van die stoffen echter, die niet als mest worden toegevoegd is dit verlies slechts onmerkbaar klein, gelijk ons hierboven de beschou-

wing van den wilden plantengroei op onbebouwde, droge velden leerde. Enkele stoffen kunnen ook door verdamping in de lucht opgenomen worden en zoo voor den bodem verloren gaan, dit is o. a. het geval met het koolzuur en met sommige stikstofverbindingen.

In de tweede plaats verliest de akker voortdurend organische stof. Deze wordt als humus in den grond gebracht en vergaat daar langzamerhand onder voortdurende productie van koolzuur. En daar dit koolzuur de onmisbare voorwaarde is voor de oplossing der anders onoplosbare bodembestanddeelen, dat is dus voor de overbrenging van deze in dien toestand, waarin de plant ze kan opnemen, is het verlies van organische stof niet alleen onvermijdelijk, maar zelfs een nuttig en gewenscht verschijnsel, dat men moet trachten te bevorderen. Hieruit volgt dus, dat de bemesting met organische stoffen een even noodzakelijke voorwaarde voor de blijvende vruchtbaarheid van een akker is. Slechts in zeer enkele gevallen kan het koolzuur door anorganische zouten worden vervangen en is dus de toevoer van organische mest overbodig, of is de bodem van nature zoo rijk aan deze stoffen, dat van een kunstmatige toevoeging geen sprake behoeft te zijn, gelijk b. v. op veengronden het geval is.

Tegenover deze oorzaken van toenemende onvruchtbaarheid moet nu de landbouwer even krachtige oorzaken van toenemende vruchtbaarheid plaatsnemen. Hij zou dit kunnen doen, door nauwkeurig te onderzoeken, welke organische stoffen in den loop van het jaar uit zijn akker verdwenen waren en in welke hoeveelheid, en door eveneens de vermindering van het humusgehalte van zijn grond te bepalen. Hij zou dan elk dezer stoffen afzonderlijk in de vereischte hoeveelheid kunnen toevoegen en zoodoende den oorspronkelijken toestand volkomen herstellen. Het is echter duidelijk, dat deze methode even omslachtig als moeilijk uitvoerbaar zou zijn, of liever, dat zij veel te groote onkosten zou veroorzaken. Vandaar dat een geheel andere weg gewoonlijk wordt gevolgd. Deze wordt als het ware van zelf aangewezen door de natuur van de organische mest, die in den landbouw het gemakkelijkst kan worden verkregen. Deze

is van tweeërlei aard: de stalmest en de zoogenoemde groenmest, of de door de ondergeploegde stoppels en het onkruid geleverde organische stoffen. De stalmest bevat het grootste gedeelte van de anorganische stoffen, die in klaver en hooi van den akker weggevoerd en aan het vee tot voedsel gegeven zijn, en is daarenboven rijk aan de stikstofverbindingen, die door haar vlugtigheid in kunstmatige plantenasch ontbreken en toch voor het plantenleven onmisbaar zijn, daar zij tot de vorming van eiwitachtige stoffen dienen. De groenmest bevat diezelfde verbindingen voor zooverre zij opgenomen waren door die planten en plantendeelen, die niet met den oogst zijn weggevoerd.

Vandaar dat het lage onkruid in koornevelden volstrekt niet als uitsluitend schadelijk mag beschouwd worden en op een vruchtbaren akker eer voordeelig dan nadeelig is, zoolang het zich slechts zoo weinig ontwikkelt, dat het aan de cultuurplanten geen ruimte voor haren groei ontnemt. Dit onkruid levert bij het omploegen een niet te verachten organische mest. Ook vindt men hierin de reden, waarom koorlanden korten tijd na den oogst geploegd worden en men hiermede niet tot in het volgende voorjaar wacht. Want zoo men dit laatste deed zou het onkruid, in de lucht blijvende, afsterven en grootendeels vergaan, wat door het tijdig onderploegen zeer beperkt wordt. Het belang van deze groenmest wordt op sommige plaatsen in Duitschland zoo hoog geacht, dat op de koorlanden terstond na het afmaaien wikke gezaaid wordt, die dan in het late najaar tegelijk met de stoppels wordt ondergeploegd en als groenmest dient. Een dergelijk nut heeft ook het braakliggen, ofschoon hier nog andere zaken in het spel zijn, zooals b. v. de langzame overgang van vaste bestanddeelen uit den onoplosbaren in den, voor het plantenleven noodzakelijken, opneembaren toestand.

Deze methode van organische bemesting geeft dus aan den akker reeds een zeer belangrijk deel zijner anorganische bestanddeelen terug, ja men zou deze volkomen terug kunnen geven, door de toevoeging van stalmest slechts groot genoeg te maken.

Waar dit laatste niet mogelijk is, of waar op deze wijze enkele anorganische bestanddeelen in te geringe hoeveelheid worden toegevoerd, terwijl de overige in dezelfde hoeveelheid mest in voldoende mate gevonden worden, daar is de noodzakelijkheid van anorganische bemesting duidelijk voorgescreven. In dit geval moet men dus gebruik maken van anorganische of minerale mest, gewoonlijk kunstmest genoemd. Welke soort van kunstmest de vereischte is, wordt natuurlijk bepaald door de scheikundige natuur van dat bestanddeel, dat in de stalmest slechts in onvoldoende hoeveelheid op den akker kan worden gebracht. In de meeste gevallen zijn dit phosphorzuur-, kali- en stikstofverbindingen, die dus ook de hoofdbestanddeelen der kunstmest uitmaken.

Niet elke plantensoort groeit even goed op elken bodem. In de vrije natuur heeft elke grondsoort haar eigenaardig plantendek. De flora onzer lage weilanden, die op veen aangelegd zijn, is een geheel andere dan die der duinen, en deze onderscheidt zich weer door een aantal bepaalde plantenvormen van die der heidevelden. Ofschoon ongetwijfeld de natuurkundige toestand van den bodem, zijn vochtigheid of droogte, zijn meerdere of mindere poroziteit enz. grooten invloed op dit verschil hebben, zoo speelt toch het verschil in de oplosbare bestanddeelen hier eveneens een groote rol. Wel is waar hangt dit zelf weer, tenminste gedeeltelijk, van de natuurkundige eigenschappen van den grond, en wel vooral van diens absorptievermogen af, doch wij weten, dat men in den landbouw ook dit laatste onder de macht van den mensch gebracht heeft. Evenals met de wildgroeijende planten, is het ook met de cultuurgewassen. Ook bij deze is voor de eene soort een zandige, voor de andere een veenachtige bodem, voor een derde een kleigrond voordeeliger. Men kan dit onderscheid echter nog verder vervolgen en vindt dan dat verschillende cultuurgewassen, die op dezelfde soort van grond gekweekt worden, toch aan de opneembare bestanddeelen van deze verschillende eischen stellen. Zoo hebben beetwortels meer kaliumverbindingen, tarwe en andere granen meer phosphorzuren zouten, en klaver meer stikstofhoudende stoffen noodig.

Hetzelfde geldt bij een vergelijking van de cultuurplanten met de schadelijke onkruiden. Niet zelden gedijen deze onder andere omstandigheden dan het verbouwde gewas en zijn dan als het ware een aanwijzing van de gebrekkige verhouding van de voedingsstoffen in den bodem. Zoo is het b. v. met de kleine wilde zuring of het zuurzaad (*Rumex Acetosella*), dat op ijzerhoudende gronden dikwijls zoo menigvuldig is, dat het koorn er onder lijdt en dat het geheele veld de roode tint zijner bladen reeds op een afstand vertoont. IJzerrijkdom en kalkarmoede van den grond begunstigen zijne ontwikkeling; kalkrijkdom bevoordeelt de koornplanten tegenover dit onkruid. Van daar dat men zulke landen geheel genezen kan door ze eenvoudig met kalk te bemesten.

Welke stoffen een cultuurplant vooral in den grond moet aantreffen om een rijken oogst op te leveren, kunnen wij op zeer eenvoudige wijze nagaan, zoo wij van rijkelijk ontwikkelde planten derzelfde soort de asch scheikundig onderzoeken. Juist de daarin voorkomende stoffen heeft de plant natuurlijk het meest noodig. Echter moet men daarbij letten op de stikstofverbindingen, die in de asch niet gevonden worden en wier gehalte daarom afzonderlijk moet worden bepaald. Hierin ligt het belang, dat de asch-analysen der cultuurplanten voor den wetenschappelijken landbouw hebben. Door de vergelijking van de uitkomsten der talrijke onderzoeken, die in een lange reeks van jaren hieromtrent gedaan zijn, komt men tot de juiste kennis van de voornaamste eischen, die de verschillende planten aan de bestanddeelen van den bodem stellen. Om dus van een gewas een zoo groot mogelijken oogst te verkrijgen, moet men o. a. zorgen, dat de samenstelling der opneembare bestanddeelen van den bodem overeenkomstig zij aan die van de asch der te kweken soort. Wilde men dezen regel in praktijk brengen, zoo zou in verreweg de meeste gevallen de bemesting veel te groote onkosten vereischen, hetgeen door een zeer eenvoudig middel geheel overbodig gemaakt wordt. In plaats van den bodem naar de keuze der plant in te richten, richt men de keus van het te kweken gewas naar de eigenschappen van den bodem. Hoogstens zal

men, zoo de laatste keus niet tot voldoende overeenstemming voert, door toevoeging van enkele bestanddeelen in den vorm van kunstmest deze overeenkomst volledig maken. Doch men gaat hiertoe niet over, dan na zich overtuigd te hebben, dat de gekozen plant onder de heerschende omstandigheden het meeste voordeel belo oft.

Deze algemeene regel van den landbouw, de te kweken plantensoorten naar de gesteldheid van den grond te kiezen, leidt tot een gevolgtrekking die tegenwoordig dezen tak van nijverheid bijna geheel beheerscht, ik bedoel de wisselcultuur. Veronderstellen wij dat een akker, na een rijkelijke bemesting met stalmest, die alle vereischte bestanddeelen bevat, gedurende een jaar met klaver bebouwd is geweest. De klaver neemt de oplosbare bestanddeelen in een geheel andere verhouding op, dan waarin zij in den bodem gevonden worden; zij verbruikt b. v. veel meer stikstofverbindingen dan phosphorzuren zouten. Na het wegvoeren van den oogst van klaver vindt men dus den grond in dezen veranderden toestand terug, waaruit volgt, dat hij nu voor den groei van klaver veel minder geschikt geworden is. Daarentegen zal rogge of tarwe, die voornamelijk phosphorzuren zouten, en in verhouding tot klaver veel minder stikstof behoeven, op dezen grond zonder verderen toevoer van anorganische mest zeer goed kunnen groeien. Is daarbij door de rijkelijk ontwikkelde klaverwortels en het onderploegen van de stoppels en het onkruid oock voor de organische bemesting op voldoende wijze gezorgd, zoo zal men van dit land zonder bemesting een koorn-oogst kunnen verkrijgen, terwijl een nieuwe klaver-oogst een vrij zware bemesting zou eischen. Dit is het beginsel van de wisselcultuur, die dus daarop berust, dat in verschillende jaren na elkander plantensoorten gekweekt worden, die verschillende anorganische stoffen in groote mate vereischen, zoodat zij als het ware te samen den bodem van alle bestanddeelen in gelijke mate be-rooven. Is de reeks dezer planten op het veld gekweekt, dan zal het in eens door rijkelijke toevoeging van stalmest geschikt gemaakt worden om in een gelijk aantal opvolgende jaren dezelfde reeks van planten weer te voeden, vóór en aler een

tweede bemesting noodig is. Het voordeel van deze methode, dat én in de besparing van mest, én in het gelijkmatige gebruik van alle verschillende stoffen van den grond gelegen is, springt dadelijk in het oog. Ik behoef slechts op te merken, dat elke andere wijze van bebouwing, met dezelfde wijze van bemesting gepaard, noodzakelijk tot een nuttelooze opeenhooping van bepaalde mestbestandeelen in den grond aanleiding zou geven, nl. van die, welke in geringe mate door de plant verbruikt, doch in groote mate in de mest toegevoerd zouden worden.

De belangrijkheid van de wisselcultuur eischt, dat wij hare werking door een voorbeeld nog duidelijker trachten te maken. Op losse gronden, die aan lucht en water gemakkelijk den doorgang verleenen, vindt men niet zelden deze opéénvolging van gewassen: 1^o aardappelen, 2^o rogge, 3^o klaver, 4^o erwten, 5^o boekweit, waarna de reeks op nieuw aanvangt. Bij deze opeenvolging wordt na den oogst der aardappelen het veld met stalment sterk gemest, en heeft dan gedurende vijf jaren in den regel geen bemesting meer noodig. Op den sterk gemesten grond groeit de rogge met zijn klein wortelstelsel bij uitstek goed, en neemt vooral de phosphorzuren zouten op: de klaver is veel rijker beworteld en heeft dus een dikkere aardlaag als bron van haar voedsel; zij verlangt minder phosphorverbindingen, doch meer stikstofhoudende stoffen. Daarvoor geeft zij in hare talrijke wortels aan den grond een zoo ruime organische mest, dat deze voor den aanbouw van erwten overvloedig voldoende is; deze hebben zoowel de stikstof- als de phosphorverbindingen noodig en vinden die in een gunstige verhouding in den grond. Zij zijn rijk bebladerd en verhinderen daardoor het te snelle vergaan van den humus, daar zij de toetreding der lucht tot den bodem verminderen; er blijft dus nog genoeg humus over voor de boekweit, die aan de anorganische bestanddeelen gelijke eischen stelt als de erwten, doch een veel uitgebreider stelsel van wortels heeft, en zijn voedsel dus van plaatsen kan nemen, die door de wortels der erwten niet bereikt konden worden. Op den nu bijna uitgeputten bodem groeien nog slechts aardappelen weelderig ge-

noeg om een voldoende oogst op de leveren, en dan is weer een bemesting noodig geworden. Het behoeft wel geen vermelding, dat al naar gelang van den bodem en van de beschikbare meststoffen deze opeenvolging een verschillende is, en dat daar, waar aan den grond slechts weinig mest tegelijk kan worden toevertrouwd, omdat anders de kans op verlies te groot zou zijn, niet eens, doch meerdere malen in de reeks van jaren met verschillende cultuur, moet worden gemest.

De grondbeginselen van den landbouw, van welke wij hier getracht hebben een kort overzicht te geven, berusten zoowel op de praktische ondervinding, die gedurende den loop der eeuwen werd opgedaan, als op de wetenschappelijke onderzoekingen, die aan deze studie in de laatste tijden in bijna onoverzienbaar aantal werden gewijd. Toch is het aan de vereende krachten dezer beide richtingen nog niet gelukt ons een volledig inzicht te geven in de eigenschappen van den bouwgrond, en de veranderingen, die deze gedurende de cultuur ondergaat. Slechts eenige hoofdzaken weten wij; over de bijzonderheden heerscht tusschen verschillende onderzoekers bijna in alle gevallen nog verschil van meening. Daarenboven biedt de bouwgrond zelf een zoo groote verscheidenheid van soorten, en wijken de uitersten van deze zoo zeer van elkander af, dat wat van de eene geldt, daarom voor de andere nog volstrekt niet zeker is. Men heeft getracht door rechtstreeksche bemestingsproeven op scheikundig onderzochten grond, en door nauwkeurige bestudeering van den gewonnen oogst, zoowel wat waarde, als wat gehalte aan verschillende scheikundige bestanddeelen betreft, een stap nader tot de oplossing van het groote vraagstuk te komen, en zoo mogelijk de moeilijke en tijdroovende theoretische studie der oorzaken daarbij als het ware overbodig te maken. Doch de talrijke invloeden, die op zulk een proef inwerken en wier regeling men niet in zijne macht heeft, zijn oorzaak, dat ook deze onderzoekingen, nog tot geene algemeene resultaten geleid hebben. Van een zuiver wetenschappelijke landbouwkunde kunnen toch nog slechts de allereerste beginselen als vaststaande beschouwd worden, doch reeds heeft de praktijk belankrijke voordeelen van de

tegenwoordige wetenschappelijke richting der onderzoekingen op dit gebied getrokken. Wel is waar is de overoude methode van bemesting met stalmest niet omvergeworpen, zoo als in de eerste helft dezer eeuw menigeen meende dat zou moeten geschieden, doch, terwijl zij nog steeds hoofdzaak blijft, is naast haar de kunstbemesting opgetreden, die ons in staat stelt hare gebreken te herstellen. Zuivere bemesting met stalmest geeft licht aanleiding dat de bodem langzamerhand armer wordt aan eenige der voor het plantenleven onmisbare stoffen; waar dit gevaar schijnt te bestaan, moet een scheikundig onderzoek van den grond uitspraak doen, en zoo het vermoeden blijkt juist te zijn, moet de ontbrekende stof als minerale mest of als kunstmest worden aangebracht. Hoe meer langzamerhand de verschillende voorschriften, door de wetenschap gegeven, in de praktijk ingang vinden en de ondervinding over hunne juistheid beslist, hoe breeder telkens de grondslag zal worden, waarop de verdere onderzoekingen kunnen worden opgebouwd, en hoe eerder de tijd zal aanbreken, dat een wetenschappelijk onderzoek het antwoord zal kunnen geven op alle vragen, die zich in de praktijk omtrent den bouwgrond en de bemesting voordoen.

DE INSECTENETENDE PLANTEN.

Reeds op het einde der vorige eeuw wist men, dat sommige planten in hare bladen van tijd tot tijd insecten vangen, zonder dat men in de beteekenis van dit feit een juist inzicht had. Men noemde deze gewassen, die allen lage plantjes zonder eigenlijken stengel waren, Vliegenvangertjes. Een paar soorten daarvan zijn in Europa uiterst algemeen (*Drosera*), een andere, grootere en fraaiere soort (*Dionaea*) komt slechts in een klein gedeelte van Noord-Amerika voor. Eerst in de laatste jaren werden deze planten uitvoeriger onderzocht. Daardoor bevestigde zich het feit, dat insecten, vooral vliegen, door de bladen gevangen worden, die ze of door plotseling toe te slaan, of door een kleverig vocht vasthouden.

Uit de voor een tiental jaren in het licht gegeven uitvoerige onderzoekingen van DARWIN is gebleken, dat de gevonden insecten werkelijk verteerd en uitgezogen worden en wel merkwaardigerwijze door dezelfde scheikundige werking, door welke in de maag van den mensch het voedsel verteerd en tot opneming in het bloed voorbereid wordt. Hoe verschillend de bouw van een dierlijke maag en van een plantenblad ook zijn moge, de stoffen, die beide afzonderen, oefenen op het voedsel geheel dezelfde werking uit. Hoe dit geschiedt, laat zich eerst dan juist begrijpen, wanneer men met den bouw en de bewegingen der bladen dezer planten bekend is en daar deze geenszins overal dezelfde zijn, wil ik terstond tot de be-

schrijving der afzonderlijke soorten van insectenetende planten overgaan. Ik ontleen deze beschrijvingen hoofdzakelijk aan het

Fig. 66.



Het rondbladige vliegenvangertje
(*Drosera rotundifolia*). Nat. gr.

zooeven bedoelde werk van DARWIN: *On insectivorous plants* en begin met de meest algemeen voorkomende en door dezen geleerde het uitvoerigst bestudeerde soort.

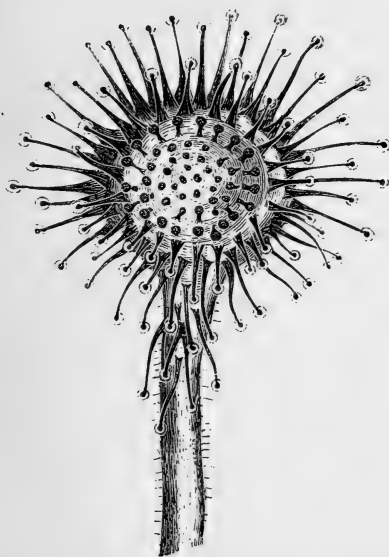
De Zonnedauw of het inlandsch Vliegenvangertje (*Drosera*) is een plantje, dat op vochtige plekken in ons vaderland uiterst algemeen voorkomt. Waar men haar aantreft, groeit zij steeds in talrijke exemplaren gezellig bijeen. Bijna altijd treft men haar tegelijkertijd in twee soorten aan, het rondbladige en het smalbladige vliegenvangertje, (*Drosera rotundifolia* en *D. intermedia*). Beide soorten zijn kleine fraaie plantjes, wier stengel uiterst kort en geheel in den grond verborgen is. Aan dezen is een roset van meestal 5—20 bladen bevestigd, die elk uit een langen bladsteel en een kleine bladschijf bestaan. De bladschijf is bijna cirkelvormig bij de eene soort, langwerpig of bijna lijnvormig bij de andere. Uit den oksel van een, twee of drie bladen ontspringen bloemstelen, die recht omhoog groeien en zoo-

lang zij jong zijn, aan hun top een weinig omgebogen zijn. Knoppen, bloemen en vruchten zijn langs het bovenste gedeelte van dezen steel bevestigd; gewoonlijk bloeien aan elken steel slechts één of een paar bloempjes tegelijkertijd, die ons dan een groenen kelk, vijf kleine, helder witte bloemblaadjes, vijf meeldraden

en een korten dikken stamper met vijf stijlen vertoonen. De geheele bloeiende plant is gewoonlijk niet meer dan een decimeter hoog en is in den grond slechts met enkele zeer dunne wortelvezeltjes bevestigd.

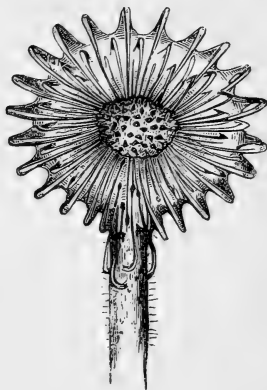
Vestigen wij thans onze aandacht meer in het bijzonder op de bladen, zoo vallen ons terstond de sierlijke, regelmatig

Fig. 67.



Een blad van het rondbladige vliegenvangertje, met de kliertjes geheel uitgespreid. Vergroot.

Fig. 68.



Een blad van het rondbladige vliegenvangertje, waarvan alle klieren naar het midden der bladschijf gebogen zijn. Vergroot.

straalvormig geplaatste roode aanhangselen in het oog, die de geheele bladschijf bedekken en die elk aan den top een klein donkerrood kliertje dragen. Deze kliertjes zonderen, bij warm en helder weder, elk een druppeltje van een waterheldere kleverige vloeistof af, welke als dauwdruppels in de zon glinsteren en de aanleiding tot den naam Zonnedauw geworden zijn. Op het midden van de bladschijf zijn deze klierdragende

organen zeer kort, de kliertjes dus dicht bij de schijf geplaatst. Naar den rand toe worden hunne steeltjes langer; die aan den rand geplaatst zijn, zijn ongeveer zoo lang als de halve lengte der bladschijf. In het geheel telt men er omstreeks tweehonderd op één blad. Ook op den bladsteel ziet men enkele zulke gesteelde kliertjes. De bladschijf zelf is vrij dik; tengevolge daarvan ziet men den loop der nerven in haar met het bloote oog niet. Men kan de nerven echter door een zeer eenvoudig middel zichtbaar maken, nl. door het blad gedurende een paar dagen in spiritus te bewaren. Dan wordt het geheel doorschijnend en vertoont nu, met het bloote oog, of nog beter met een loupe beschouwd, drie hoofdnerven, wier toppen zich even boven het midden van het blad boogsgewijze verbinden. Van deze nerven en van hunne bogen gaan talrijke kleine takken naar alle deelen van het blad. Bij zulk een beschouwing valt nu terstond het merkwaardige feit in het oog, dat de stelen der klieren steeds juist op de nerven geplaatst zijn en wel zeer dikwijls op de uiteinden der nerven. Een nader onderzoek leert, dat de nerven in elken steel een uiterst fijn takje omhoog zenden, dat tot aan het kliertje doorloopt en hierin met een knodsvormige verdikking eindigt. Hierdoor verschillen deze stelen zeer van gewone plantenharen, die, gelijk bekend is, meest slechts één enkele cel dik zijn; zij verdienen daarom met een anderen naam bestempeld te worden.

Wanneer een insect zich op een blad van het vliegenvangertje neerzet, hetzij uit onvoorzichtigheid, hetzij door het vocht der kliertjes gelokt, zoo kleeft het in dit vocht zoo vast, dat het riet weg kan vliegen. Slechts aan grootere insecten gelukt het te ontsnappen; vliegen en muggen geraken door haar pogingen om te ontkomen telkens met meer kliertjes in aanraking, en kleven dus hoe langer hoe vaster aan het blad. Van de kleverigheid van het vocht kan men zich gemakkelijk overtuigen door een paar kliertjes even met den vinger aan te raken; beweegt men dezen langzaam weg, zoo wordt het vocht tot een langen draad uitgetrokken. Is het insect op de beschrevene wijze eenmaal gevangen, zoo beginnen de voorbereidende maatregelen voor de vertering der prooi. Deze ziet

men het beste aan jonge krachtig groeiende en goed ontwikkelde bladen, vooral wanneer het weder gedurende eenige dagen warm en zonnig geweest is. Doch ook onder deze gunstige omstandigheden geschieden alle nu te bespreken verschijnselen zoo langzaam, dat men ze gewoonlijk niet met het oog volgen kan. Rondom het gevangen insect zonderen de kliertjes hoe langer hoe meer vocht af, en na verscheidene uren is de prooi geheel door een druppel glashelder vocht omgeven, dat weldra de openingen der ademhalingswerktuigen van het dier geheel sluit, en zoo binnen korten tijd zijn dood veroorzaakt. Dit vocht, dat vóór de vangst niet zuur was, is nu zuur geworden, iets wat reeds terstond een overeenkomst met het maagsap aanduidt, daar dit, gelijk men weet, steeds zuur is, en slechts in zuren toestand zijn werking kan uitoefenen. Doch het is niet genoeg, dat die kliertjes, met welke het insect door zijn krampachtige bewegingen in aanraking gekomen is, verderend werken, ook de overige klieren moeten hieraan deelnemen. Daartoe krommen zich hare steelen langzamerhand voorover en bewegen daardoor de kliertjes naar de prooi toe. Het is merkwaardig te zien, met welke juistheid zij de richting naar het gevangen insect inslaan, vooral wanneer dit niet in het midden van het blad, maar dicht bij den rand gelegen is. Weldra drukken de steeltjes hunne kliertjes tegen het diertje aan, waarbij het nut van de grootere lengte der aan den bladrand geplaatste kliersteeltjes ten duidelijkste blijkt. Zoo wordt het insect, na verloop van een halven dag of langer, aan alle zijden in de zure vloeistof gehuld. Niet zelden draagt hiertoe een kromming van de bladschijf zelve het hare bij.

Let men nu verder op, wat er met zulk een blad gebeurt. Reeds den tweeden dag is het insect duidelijk veel weeker geworden, en is het reeds ten deele opgelost. In den loop der volgende dagen wordt dit nog duidelijker, en eindelijk blijft slechts een zeer kleine massa, het onverteerbare deel der huid, zichtbaar. Al het overige is in het zure vocht opgelost. Langzamerhand verdwijnt nu dit vocht, en daar de vaste stoffen, die er in opgelost zijn, natuurlijk niet verdampen kunnen, zoo is het duidelijk, dat zij door het blad worden opgezogen.

Ook kan men onder het microscoop veranderingen in den inhoud der cellen waarnemen, uit welke men besluiten mag, dat vreemde stoffen door deze opgenomen werden. Is al het vocht opgezogen, zoo keeren de klieren weer in haar vroegeren stand terug en beginnen na korten tijd een nieuw vocht af te zonderen, om ten tweeden male een prooi te kunnen bemachtigen.

Al de hier beschrevene verschijnselen kan men gemakkelijk aan gekweekte exemplaren van het vliegenvangertje waarnemen, wanneer men onder de vermelde omstandigheden insecten op hunne bladen plaatst. Veel leerzamer is het echter, in plaats van insecten, daartoe kleine stukjes hardgekookt eiwit te gebruiken. Snijdt men zulk eiwit in cubische stukjes van ongeveer een millimeter grootte, zoo kunnen deze gemakkelijk in hun geheel door een *Drosera*-blad verteerd worden. Men kan dan de langzame oplossing veel duidelijker zien. Eerst wordt het stukje eiwit aan de hoeken doorschijnend, later ook in het midden, terwijl allengs de scherpe kanten verdwijnen. Zoo wordt het voortdurend kleiner en verdwijnt eindelijk spoorloos. Dat het daarbij in het zure vocht der kliertjes opgelost wordt, spreekt wel van zelf. Evenmin kan het betwijfeld worden, dat wanneer later dit vocht door de kliertjes geheel opgezogen wordt, ook het daarin opgeloste eiwit door het blad opgenomen en door de plant op de eene of andere wijze als voedsel verbruikt wordt.

Niet alleen eiwit, doch ook andere stoffen, welke gelijksoortige voedingsstoffen bevatten, b. v. stukjes vleesch, kraakbeen en gelatine, worden op de beschreven wijze door de bladen der vliegenvangertjes verteerd en geabsorbeerd.

Vóór wij verder gaan, is het noodig met enkele woorden de vraag te beantwoorden, met welk recht men de beschreven verschijnselen vertering noemt. Daardoor toch spreekt men uit, dat zij op gelijke lijn gesteld moeten worden met de vertering, die het voedsel in de maag en het darmkanaal van den mensch ondergaat. Hier uitvoerig de vertering van spijzen in het dierlijk lichaam te bespreken, zou mij echter veel te yer voeren. Het zij daarom voldoende er op te wijzen, dat vleesch

en eiwit, in het algemeen de eiwitachtige stoffen van ons voedsel, door het maagsap uit den vasten in den opgelosten toestand worden gebracht. Dit maagsap, dat door de klieren aan den binnenwand der maag afgezonderd wordt, is zuur en bevat, onder vele andere bestanddeelen, een zeer belangrijke stof, pepsine genaamd. Krachtens deze beide eigenschappen is het in staat, eiwitachtige stoffen op te lossen. Het bewijs hiervoor levert de volgende proef. Men kan uit maagsap het pepsine langs scheikundigen weg in vasten vorm afzonderen. Lost men nu deze stof op in water, dat men door eenige druppels zoutzuur zwak zuur gemaakt heeft, zoo is dit vocht in staat om, bij de temperatuur van het dierlijk lichaam, vleesch en eiwit geheel op te lossen. Dit oplossen nu heet in de physiologie verteren; het verteerde, d. i. opgeloste eiwit, wordt door fijne buisjes, die in den wand van de maag en de darmen liggen, opgezogen en naar het bloed gevoerd.

Wij zagen reeds dat het vocht der vliegenvangertjes zuur is, even als het maagsap. Het bevat ook een stof, die zeer met pepsine overeenkomt en tegenover eiwit dezelfde eigenschappen vertoont. Het werkt evenmin als maagsap, wanneer men zijn zuur door een basis, b. v. ammoniak, afstompt. Zijn werking komt dus geheel met die van maagsap overeen, en wij mogen dus gerust zeggen, dat *Drosera* de gevangen insecten evenzoo verteert, als een dier zijn voedsel.

En dat werkelijk dit verteren van insecten tot de voeding belangrijk bijdraagt, daarvan heeft men zich eveneens door rechtstreeksche proeven overtuigd. Hiertoe kweekte men *Drosera*'s in twee partijen, die men vooraf zoo gelijk mogelijk uitgezocht had en voortdurend in gelijke mate van licht, warmte en vochtigheid voorzag. Beide groepen bevonden zich in een ruime, doch afgesloten omgeving, zoodat zich geene insecten op hare bladeren konden neerzetten.

Nu werden de bladen der eene groep van tijd tot tijd gedeeld met kleine insecten, stukjes vleesch of gekookt eiwit, terwijl die der andere groep dergelijk voedsel nooit ontvingen. Het gevolg was, nadat men dit eenige maanden voortgezet had, dat de planten der eerste groep zich zichtbaar krachti-

ger ontwikkelden dan die der tweede; zij droegen meer bladeren, meer en grooter bloemtrossen en brachten ook rijkelijker vruchten en zaden voort. Er was dus geen twijfel aan, of het door de bladeren opgenomen organische voedsel had den groei en de ontwikkeling der planten krachtig bevorderd.

Wanneer men in de vrije natuur de bladen der *Drosera's* nauwkeurig onderzoekt, zoo gebeurt het niet zelden, dat men ze om een prooi gesloten vindt. Veel menigvuldiger komt het echter voor, dat overblijfselen van gestorven insecten op de geheel geopende bladen liggen. Klaarblijkelijk zijn het de onverteerbare deelen van vroeger gevangen en uitgezogen diertjes. Dikwijls dragen alle bladen van een plant zulke overblijfselen; enkele malen vindt men op één blad de duidelijke sporen van tien of meer verschillende individu's. Meestal zijn het soorten van vliegen en muggen, die aan de bladen zijn blijven kleven; grootere insecten treft men er gewoonlijk niet op aan, wat daaraan moet worden toegeschreven, dat deze kracht genoeg hebben om zich weer los te maken, zoo zij toevallig met de bladen in aanraking komen.

Het groot aantal van insecten, dat de vliegenvangertjes op deze wijze vangen, verbonden met het feit, dat zij ze bijna geheel verteren en opzuigen, wijst er ons ten duidelijkste op, dat deze dieren hun tot voedsel strekken. In deze overtuiging wordt men door het onderzoek der wortels bevestigd. Andere planten toch nemen haar meeste voedsel door de wortels uit den grond op, terwijl slechts het koolzuur door de bladen zelve aan de lucht ontleend wordt. Dat ook de vliegenvangertjes koolzuur tot hun voeding noodig hebben, leert ons de groene kleur hunner bladen. In ons vorig hoofdstuk hebben wij den samenhang tusschen deze feiten leeren kennen. Daarentegen zijn de wortels der *Drosera's* uiterst weinig ontwikkeld; zij bestaan slechts uit enkele korte dunne vezeltjes, die zeer weinig vertakt zijn. Niet zelden ziet men haar niet eens in aarde geworteld, doch slechts tusschen de levende plantjes van het veenmos haar wortels verspreidende; op plaatsen dus, waar zij bijna in het geheel geen voedsel kunnen aantreffen. Wij mogen daaruit besluiten, dat de wortels hun rol van voedsel

opnemende organen hier of geheel verloren hebben, of nog slechts in geringe mate vervullen, terwijl hun werkzaamheid door de insectenverterende bladen overgenomen is. Aan de wortels blijft het opzuigen van water opgedragen, dat zoowel voor den groei, als tengevolge der verdamping, noodig is.

Men kan *Drosera's* op warme zonnige plaatsen kweeken, zoo men de aarde, waarin zij wortelen, slechts vochtig houdt. Men graaft daartoe bij voorkeur de plantjes met wat aarde uit, zoodat men de wortels niet beschadigt en plaatst dan deze stukjes grond in bloempotten met aarde of tusschen vochtig veenmos op een bord met hoogen rand dicht bijéén. Het veenmos groeit welig en zuigt veel water op, waardoor het gemakkelijk is, ook de aarde om de *Drosera's* vochtig te houden. Hoe warmer het is en hoe meer de zon er op schijnt, hoe krachtiger de planten groeien en hoe zekerder en sneller de bladen hunne bewegingen maken. Langzaam groeiende planten zijn niet zelden zoo weinig prikkelbaar, dat zij zich volstrekt niet bewegen, zoo men insecten of stukjes eiwit op haar bladen legt. Ik zag bladen, die in den loop van verscheidene dagen een stukje eiwit geheel verteerden en opzogen, zonder een enkel kliertje te bewegen. Heeft men daarentegen zeer krachtig ontwikkelde planten, zoo is dikwijls een uiterst geringe prikkeling voldoende om bewegingen te doen ontstaan. Hierbij valt op te merken, dat alleen de kliertjes voor prikkels gevoelig zijn; stoffen, die, op de kliertjes gebracht, krachtig werken, zijn geheel zonder invloed, zoo zij slechts met de bladschijf of met de stelen der kliertjes in aanraking gebracht worden. Eveneens is ook de achterkant der bladen geheel gevoelloos, daar hier geen kliertjes voorkomen. DARWIN legde kleine glassplintertjes voorzichtig met een pincette op eenige roode kliertjes van een blad, en zag, dat na verloop van korten tijd de stelen dezer klieren zich naar het midden der bladschijf bogen, even alsof het blad een insect gevangen had. Ja, het was voldoende tegen een kliertje eenige malen achter elkander zacht te tikken, om deze beweging te zien ontstaan. Een stukje van een hoofdhaar van een mensch, zóó klein, dat het slechts acht

honderdduizendste deelen van een milligram woog, was groot genoeg om, op een kliertje gelegd, het steeltje te doen krommen. Dit stukje kon slechts met een goede loupe gezien, en met de punt van een zeer scherpe naald aangevat en opgelicht worden; het bleef eerst op het dauwdruppeltje drijven, doch werd door middel van de naald onder gedrukt en met het kliertje zelf in aanraking gebracht. Zulke proeven toonen ons een uiterst fijne gevoeligheid aan, die bijna alles overtreft wat men van gevoeligheid niet alleen bij planten, maar zelfs bij dieren kent. Ja, de gevoelsnerven van den mensch kunnen niet zulke kleine deeltjes onderscheiden, als de kliertjes van de zonnedauw. Doch het gevoel der *Drosera's* is nog veel scherper ontwikkeld. Dit kunnen proeven met oplossingen van ammoniakzouten leeren. Ammoniak is een der stoffen die, bij verrotting of onder andere omstandigheden, uit eiwit, vleesch en daarmede overeenkomende lichamen ontstaan. Lost men van eenig ammoniakzout een weinig in een vijfhonderd maal grootere hoeveelheid water op en brengt men van deze zeer verdunde oplossing een klein druppeltje op eenige kliertjes van het vliegenvangertje, zoo kan dit, onder gunstige omstandigheden, beweging der stelen tengevolge hebben. Neemt men hierbij in aanmerking dat volkomen zuiver water geen invloed uitoefent, zoo ziet men dat het vliegenvangertje zoo geringe hoeveelheden dezer zouten onderscheiden kan, als wellicht op geene andere wijze kunnen worden aangetoond.

Evenals ammoniak werken allerlei andere stoffen, en wel voornamelijk diegene, die, evenals dit lichaam, stikstof in hare verbinding bevatten en daarbij geheel of ten deele in het vocht der kliertjes oplossen, zoo b. v. nicotine en strychnine. De aanwending van zulke lichamen heeft niet alleen de beweging van de stelen der klieren ten gevolge, maar bewerkt ook een rijkelijker afzondering van het zure vocht door de klieren zelve. Ook vele stikstofvrije stoffen bezitten het vermogen, de beweging der tentakels te veroorzaken en de klieren tot krachtiger werkzaamheid aan te sporen; zoo b. v. vele zuren.

De tentakels kunnen in het algemeen op tweeërlei wijze er

toe gebracht worden zich te krommen. De eerste bestaat daarin, dat hun eigen kliertje geprikkeld wordt, in het tweede geval werkt de prikkel rechtstreeks op een of meer andere kliertjes en plant zich door de bladschijf naar de omliggende kliertjes voort. In het eerste geval vindt dus een rechtstreeksche prikkeling, in het laatste een indirecte plaats. In de natuur komen de insecten meest op het midden der bladschijf en worden de kortgesteelde kliertjes, die hier staan, dus direct, de langgesteelden aan den rand indirect geprikkeld. De voortplanting van den prikkel geschiedt in de bladschijf volgens rechte lijnen, zonder zich om den loop der nerven te bekommeren. De naastbij staande tentakels worden dus het eerst aangedaan, de meer verwijderde eerst later. Is de prikkel niet sterk genoeg, zoo kan hij de randtentakels niet bereiken. Wat nu bij dit alles het merkwaardigste is, is het feit, dat door de rechtlijnige voortplanting van den prikkel tegelijk de richting bepaald wordt, waarin zich de tentakels krommen. Deze toch buigen zich altijd naar de zijde, van welke de prikkel komt en buigen daardoor noodzakelijk hun kliertje met groote juistheid naar de plaats waar het gevangen insect ligt. Men ziet gemakkelijk in, van welk voordeel deze inrichting voor de snelle vertering van de prooi is. Wordt daarentegen een randtentakel zelf, d. i. rechtstreeks geprikkeld, b. v. doordat een zeer klein insect op zijn kliertje gaat zitten, zoo kromt hij zich naar het midden van het blad, klaarblijkelijk om het diertje daar met zooveél mogelijk andere kliertjes in aanraking te brengen, ten einde het snel te kunnen verteren en zich spoedig weer voor de vangst van een nieuwe prooi gereed te kunnen maken.

Want is de prooi verteerd, zoo spreiden zich alle tentakels weer zoo wijd mogelijk uit. Dit geschiedt meest eerst verscheidene dagen na het samenbuigen; gewoonlijk toch is een zoo lange tijd voor de vertering van een insect noodig. Was echter een stukje glas, of eenig onverteerbaar voorwerp de oorzaak van de kromming der tentakels, zoo keeren deze meest reeds den volgende dag in hun gewonen stand terug, als het ware om slechts zoo kort mogelijk de gelegenheid tot het vangen van een betere prooi te verliezen.

DARWIN zag bladen drie en meer malen achter elkander een insect verteren. Het schijnt echter, dat zij daardoor zeer verzwakt worden; ten minste als men hun voor de vierde of vijfde maal een prooi geeft, zoo gelukt het velen doorgaans niet, deze geheel te verteren, doch sterft het blad, vóórdat de vertering voltooid is.

Drosera is niet uitsluitend insectenetend; behalve dat zij vleesch en eiwit, gelijk wij reeds gezien hebben, met graagte verteert, versmaadt zij ook plantaardige stoffen niet, doch zuigt uit zaden, stukjes blad en stuifmeelkorrels de voedzame stoffen op.

Het *Amerikaansche Vliegenvangertje* (*Dionaea muscipula*) is in menig opzicht veel interessanter dan zijn europeesche verwanten, doch het is daarentegen veel minder algemeen bekend. Het komt uitsluitend in het oostelijk deel van Noord-Carolina, een der Vereenigde Staten van Noord-Amerika, voor. Het wordt tegenwoordig algemeen in botanische tuinen in warme kassen gekweekt. Het komt in algemeenen vorm vrij wel met de Drosera's overeen, doch de bladen zijn geheel anders gebouwd. Als gene is het stengelloos en bestaat uit een roset van weinige bladen, uit wier midden in den zomer een bloemstengel met witte bloemen omhoog stijgt. Twee of drie kleine worteltjes bevestigen de tengere plant in den grond en nemen daaruit het noodige water op. Voor de voeding zijn zij even weinig geschikt als de wortels der Drosera's.

Elk blad eener *Dionaea* bestaat uit een breedten, groenen bladsteel, een tweelobbige bladschijf, in het midden door een dikken nerf doorgesneden. De twee zijdelingsche helften van deze bladschijf staan niet in één vlak, maar vormen met elkander een scherpen, bijna rechten, hoek. Haar rand is voorzien van lange, dunne en weinig buigzame tanden. Ongeveer op het midden van elke bladhelft ziet men op de bovenzijde drie kleine stiftjes op eenigen afstand van elkander geplaatst.

Raakt men even een dezer stiftjes, b.v. met een naald aan, zoo klapt dadelijk het blad toe, waarbij de tanden der beide helften tusschen elkander schuiven, even als de vingers van twee saamgevouwen handen. De drie stiftjes buigen zich daar-

Fig. 69.



Het amerikaansche vliegenvangertje (*Dionaea muscipula*). Nat. gr.

bij op zijde, waartoe zij door een soort van gewricht aan hun voet in staat gesteld worden.

De toegeslagen bladhelften zijn daarbij eenigszins hol geworden, als om ruimte voor een prooi te laten.

De geheele bovenvlakte van beide bladhelften is met kleine roode kliertjes bedekt, die in rustenden staat geen vocht afzonderen; eerst wanneer zij door verteerbare stoffen of stikstofhoudende vloeistoffen aangeraakt worden, scheiden zij een vocht af, dat, even als bij *Drosera*, onder deze omstandigheden zuur is, maar in veel grootere hoeveelheid te voorschijn treedt.

Heeft men een levende plant van *Dionaea* met nog geopende bladen, zoo kan men zich gemakkelijk van het volgende, zeer merkwaardige feit overtuigen. Raakt men met een naald, of de punt van een potlood of eenig scherppuntig voorwerp het blad aan de onderzijde aan, zoo is het als gevoelloos. Raakt men de stijve haren aan den rand aan, of de middennerf, of de bovenvlakte naast of tusschen de stiftjes, steeds blijft het blad in rust. Ook wanneer men deze plaatsen herhaaldelijk aanraakt of wrijft, heeft dit gewoonlijk geen invloed. Doch, zoodra wordt niet een der genoemde stiftjes ook nog zoo voorzichtig aangeraakt, of terstond slaat het geheele blad toe. Het blijkt dus, dat op deze wijze alleen deze stiftjes prikkelbaar zijn. Komt nu een insect op het blad, zoo zal het van zelf een of meer dezer stiftjes aanraken, het blad sluit zich en het diertje is gevangen. Vrij groote insecten en andere gelede dieren werden in deze bladen in gevangen toestand aangetroffen, zoo bv. springkevers, spinnen en pissebedden. Over het algemeen schijnt *Dionaea* meer kruipende dan vliegende dieren te vangen; terwijl omgekeerd de prooi der *Drosera*'s juist vooral in vliegen bestaat.

Om het gevangen dier beginnen de kliertjes weldra een zuur verterend vocht af te zonderen, dat het dier spoedig doodt, daar het de geheele ruimte tusschen de beide bladhelften rijkelijk aanvult. Eerst werken alleen de door het insect aangeraakte klieren, doch de verspreiding van het vocht prikkelt ook de verder en verder afgelegenen tot krachtige medewerking. Langzamerhand lossen de verteerbare deelen van het dier op en slechts de onverteerbare huid blijft over. Het afgezonderde vocht wordt met de verteerde stoffen door het

blad opgezogen en even als bij *Drosera* leert ook hier het microscopisch onderzoek ons veranderingen kennen in de cellen, welke deze stoffen opnemen. Is na verloop van verscheidene dagen dit geheele proces afgelopen, zoo opent zich het blad weder.

Wil men zich van de algeheele vertering van voedende stoffen door de bladen van het amerikaansche Vliegenvangertje door proeven overtuigen, zoo kiest men hiertoe weder liefst scherpkantige stukjes gekookt eiwit. Men ziet dan de kanten eerst doorschijnend worden en wegsmelten; weldra wordt ook het midden doorschijnend, en eindelijk is het geheele stukje spoorloos verdwenen, en dus opgelost. Evenzoo worden vleesch en gelatine verteerd, terwijl daarentegen vet, een stikstofvrije stof, door het zure vocht niet aangetast wordt.

Is een prooi gevangen, dan blijft het blad zoolang gesloten, tot deze geheel verteerd is, wat niet zelden 9—11 dagen duurt. Was daarentegen alleen een aanraking der stiftjes met een vast lichaam de oorzaak van het sluiten, zoo opent zich het blad meest reeds na verloop van een dag en is dan op nieuw in staat een prooi te vangen. Bij in het wild groeiende exemplaren schijnt het zelden voor te komen, dat een blad meer dan tweemaal een prooi verteert; bladen van gekweekte planten verliezen dit vermogen dikwijls reeds na de eerste vertering.

De tanden aan den rand der beide bladhelften schijnen een zeer bepaald doel te hebben, dat innig met het zoeven besproken beperkte verteringsvermogen samenhangt. Zij sluiten toch het blad aan de bovenzijde niet terstond volkomen af, daar een volledige sluiting niet door de plotselinge beweging bereikt wordt, maar eerst door een langzame nawerking van deze. Daardoor kunnen zeer kleine insecten nog bij tijds ontsnappen; het blad kan zich dan spoedig weer openen, en verliest geen tijd en kracht op een prooi, die slechts zeer weinig voedsel levert. Aan den anderen kant kunnen zeer groote insecten zich tusschen de tanden eveneens nog een weg banen, voor dat het blad geheel gesloten is. Ook dit is van belang, daar proeven leeren, dat te groote stukken voedsel, zelfs van eiwit, niet verteerd kunnen worden. De inrichting der tanden maakt dus, dat alleen insecten van een bepaalde grootte ge-

vangen worden, nl. juist van dien omvang, dat zij gemakkelijk en met nut verteerd kunnen worden.

Eer ik van de behandeling van het amerikaandsche vliegenvangertje afstap, wensch ik er nog even op te wijzen, dat dit plantje tot dezelfde natuurlijke familie behoort als de *Drosera*'s, Tot deze familie behooren, behalve een honderdtal soorten van *Drosera*, nog vier andere geslachten, elk met één of twee soorten. Al deze planten leven, zoover men ze kent, van dierlijke prooi. Zij bezitten verschillende inrichtingen om insecten te vangen, die deels eenvoudiger van natuur zijn dan die der *Drosera*'s, deels meer met de *Dionaea*'s overeenkomen. Daar deze planten alle zeer zeldzaam en bij ons geheel onbekend zijn, ga ik ze met stilzwijgen voorbij, en wend mij tot twee ook in ons vaderland voorkomende gewassen, die in een geheel andere afdeeling te huis behooren. Ik begin met die, welke nog het meest op de vliegenvangertjes gelijkt.

Het *Vetkruid* (*Pinguicula vulgaris*) bestaat uit een roset

Fig. 70.



Het vetkruid (*Pinguicula vulgaris*). Nat. grootte.

van kleine, breede, langwerpige bladen, die zonder bladsteel en met breeden voet bevestigd zijn aan een onderaardsch stengeldeel, dat het midden der roset inneemt. Het bloeit in Juni en Juli meest met een enkele bloem, die op een langen steel in het midden der roset ontspringt. Deze steel is aan zijn top omgebogen, zoodat de bloem hangt. De paarsche bloemkroon vertoont een boven- en een onderlipje en loopt aan de achterzijde in een korte spoor uit. Slechts weinige korte wortelvezels bevestigen de plant in den grond. In de oostelijke provinciën van Nederland wordt deze plant op vochtige veenachtige plekken op de heiden somwijlen in grooten getale aangetroffen, doch over-

rigens is zij in tegenstelling met de *Drosera*'s, verre van algemeen.

Omtrent den bouw der bladen valt weinig bijzonders op te merken. Zij zijn met kleine kleverige klierdragende haartjes dicht bedekt, die, wanneer zij door een insect of ander verteerbaar voorwerp aangeraakt worden, rijkelijk sap afzonderen. Dit sap is glashelder, zwak zuur en bezit de eigenschap eiwitachtige stoffen op te lossen. Insecten vindt men zeer veelvuldig op de bladen liggen, en dan, zoo ze nog niet geheel verteerd zijn, in een druppel van de zure vloeistof gehuld. Dikwijls ziet men vier of meer insecten op één blad; een enkele maal werden zelfs dertig, deels geheel, deels eerst ten deele verteerde dieren op een enkel blad waargenomen. Eenmaal trof ik op de gezamenlijke bladen van één enkele plant zelfs ruim vierhonderd knazen aan. Behalve knazen, strekken allerlei soorten van kleine vliegen, en ook motjes, torren, spinnen en kleine soorten van bijen het vetkruid ten prooi. Ook zaden van planten, kleine blaadjes en vruchtjes, die op deze bladen vallen, worden door hen uitgezogen, zoodat het vetkruid evenmin uitsluitend insectenetend is als de zonnedauw.

Evenals de *Drosera's* maakt ook het vetkruid langzame bewegingen, wier doel een snellere vertering van het voedsel is. Bij *Drosera* bewogen zich vooral de tentakels, de bladschijf kromde zich slechts in geringere mate. Bij het vetkruid, dat geen tentakels bezit, is alleen een beweging der bladschijf voorhanden. Deze is een uiterst langzame en bestaat slechts in het omhoog en naar binnen krullen der beide bladranden. Insecten, die dicht bij den rand liggen, worden daardoor van terzijde en van boven met de kliertjes van den rand in aanraking gebracht en dus sneller verteerd. Daarenboven drukt de rand zich vast tegen hen, terwijl die, welke op het midden van het blad liggen, geheel los in het omgevende vocht drijven. Klaarblijkelijk zal een regenbui, die de bladen van het vetkruid treft, de in het midden liggende insecten wegspoelen, doch die aan den rand niet mede kunnen voeren. Wij mogen dus ook uit dit oogpunt de bewegelijkheid der bladranden als een nuttige eigenschap beschouwen.

Behalve insecten en andere kleine dieren, kan het vetkruid, evenals de vliegenvangertjes, nog andere met eiwit meer of

min verwante stoffen verteren. In de eerste plaats eiwit zelf, verder vleesch, kraakbeen, gelatine, enz. Deze stoffen, in vochtigen toestand op de bladen gelegd, prikkelen de kliertjes die zij aanraken, en maken daardoor, dat zij hun vocht beginnen af te zonderen; op verder verwijderde kliertjes werken zij eerst dan, wanneer het vocht der eersten zoo rijkelijk wordt, dat het zich over deze verspreidt. Tal van andere oplosbare stikstofhoudende lichamen werken eveneens prikkelend op de klieren. Daarentegen werken kleine stukjes glas niet op de klieren, ofschoon zij wel de beweging van den bladrand veroorzaken.

Is de prooi verteerd en zijn dus alle voedzame deelen daaruit opgelost, zoo zuigen de kliertjes de afgezonderde vloeistof met deze voedzame deelen tegelijk op, tengevolge waarvan de inhoud hunner cellen dezelfde eigenaardige veranderingen toont, waarvan wij reeds bij *Drosera* met een enkel woord spraken. Deze vertering geschiedt gewoonlijk snel, dikwijls reeds in een paar dagen, waarna de bladrand weer tot zijn vroegeren stand terugkeert.

Het *Blaaskruid* (*Utricularia vulgaris*) draagt zijn naam naar de tallooze kleine ovale blaasjes, die overal tusschen zijn bladen verspreid staan. Het is een waterplant, die in veenachtige streken, in slooten en greppels, niet zeldzaam is, en geheel ondergedoken leeft. Slechts in den zomer verheft zich een bloemstengel met eenige weinige sierlijk gevormde gele bloemen boven het water. Zoolang de plant geen bloemen of vruchten draagt, bestaat zij slechts uit een horizontalen stengel en een paar zijtakken en talrijke dicht bijeen geplaatste bla-

Fig. 71.

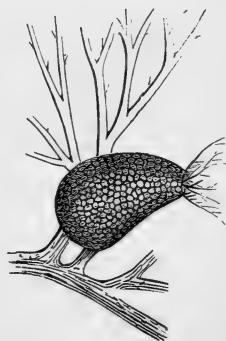


Het blaaskruid (*Utricularia vulgaris*). Nat. Gr.

den, wier lijnvormige slippen maken, dat zij licht voor kleine gebladerde zijtakjes aangezien worden. Het blaaskruid drijft geheel vrij in het water en is niet in den bodem bevestigd; ja het bezit in het geheel geene wortels. Reeds deze eigenschap, die bij waterplanten, met uitzondering der laag ontwikkelde wieren, tot de hooge zeldzaamheden behoort, wijst ons er op, dat hare voeding op een eenigszins andere wijze moet geschieden dan bij gewone slootplanten.

Een afzonderlijk blaasje, met een loupe beschouwd, gelijk merkwaardig sterk op een of andere soort dier kleine zoetwaterkreeftjes, die in de slooten, waarin het blaaskruid leeft, uiterst menigvuldig voorkomen. Slechts is het veel grooter dan de meeste soorten dezer diertjes. Evenals deze heeft het blaasje aan zijn vooreinde een paar vertakte sprieten, die te zamen met eenige haren een trechtervormige ruimte omhullen, wier grootste opening van het blaasje afgekeerd is, terwijl aan haar top zich de eenige ingang bevindt. Deze ingang is door een ongekleurde, doorschijnende klep gesloten, welke zich naar

Fig. 72.



binnen kan openen, wanneer tegen haar gedrukt wordt, doch die, als door een elastische kracht gedreven, zich terstond weer sluit, wanneer de drukking aan de buitenzijde ophoudt. Deze blaasjes vormen dus een nog verderfelijker en zekerder werkenden val voor kleine waterdiertjes, dan de bladen van *Drosera* voor landdieren. Komt toch zulk een diertje in de trechtervormige ruimte, zoo kan het slechts òf geheel omkeeren, òf aan de opening van het blaasje komen. De klep is zoo doorschijnend, dat zij wellicht door de diertjes in 't geheel niet gezien wordt; de minste drukking is voldoende om haar te openen. Zwemt het diertje er tegen aan, zoo opent zij zich, doch ter nauwernood is zij door den ingang van het blaasje gekomen, of de klep, nu niet langer gedrukt, sluit

Een afzonderlijk blaasje van het blaaskruid, sterk vergroot.

zich weder, en past daarbij met haar rand overal nauwkeurig tegen den rand van den ingang aan. Het diertje is gevangen, en geen kracht of list is in staat de klep van binnen af weer te openen. Men kan onder het microscoop het dier nog eenigen tijd in het blaasje rond zien zwemmen, overal een uitweg zoekende, eindelijk sterft het door gebrek aan lucht in de afgesloten ruimte. Na verloop van verscheidene dagen is van het dier nog slechts de harde, onverteerbare huid overgebleven, de weekere deelen zijn geheel verdwenen. Of deze op dezelfde wijze verteerd worden als bij de vliegenvangertjes, weet men niet; proeven, die tot dat doel genomen werden, hebben nog tot geen resultaat geleid. Zeker is het, dat de verdwenen stoffen ten minste ten deele door den binnenwand der blaasjes zijn opgenomen, daar men in de cellen der klierachtige organen, welke dezen wand bekleeden, met het microscoop dezelfde veranderingen in den inhoud kan waarnemen, die ook bij de vliegenvangertjes en het vetkruid als bewijs dienden, dat stoffen opgenomen waren.

Vóór Darwin's onderzoekingen bekend werden, heeft men algemeen aangenomen, dat de blaasjes dienden om de plant dicht onder de oppervlakte van het water te laten drijven. Men werd tot deze meening geleid door de waarneming, dat deze organen ten minste ten deele met lucht gevuld zijn. Dat deze lucht tot het drijven der plant iets bijdraagt, valt niet te ontkennen; daaruit af te leiden, dat dit de rol der blaasjes is, is echter, op zijn minst genomen, voorbarig. Trouwens, men kan door een rechtstreeksche proef daaromtrent zekerheid erlangen. Daartoe knipt men van een plant zeer voorzichtig alle blaasjes af, en legt haar weêr in 't water. Zij drijft nu even goed als vóór deze bewerking, waaruit wij leeren, dat de blaasjes voor het drijven niet noodig zijn. Dienen deze niet voor het drijven, dan moeten wij naar een andere rol voor haar zoeken. Deze vinden wij zonder twijfel in het vangen van kleine diertjes. Onderzoekt men toch de blaasjes van een in het wild groeiende plant, zoo vindt men daarin bijna altijd overblijfsels van gestorven dieren. Niet zelden werden 5—10 kleine kreeftjes in één blaasje gezien. Hoe rijker het water aan deze

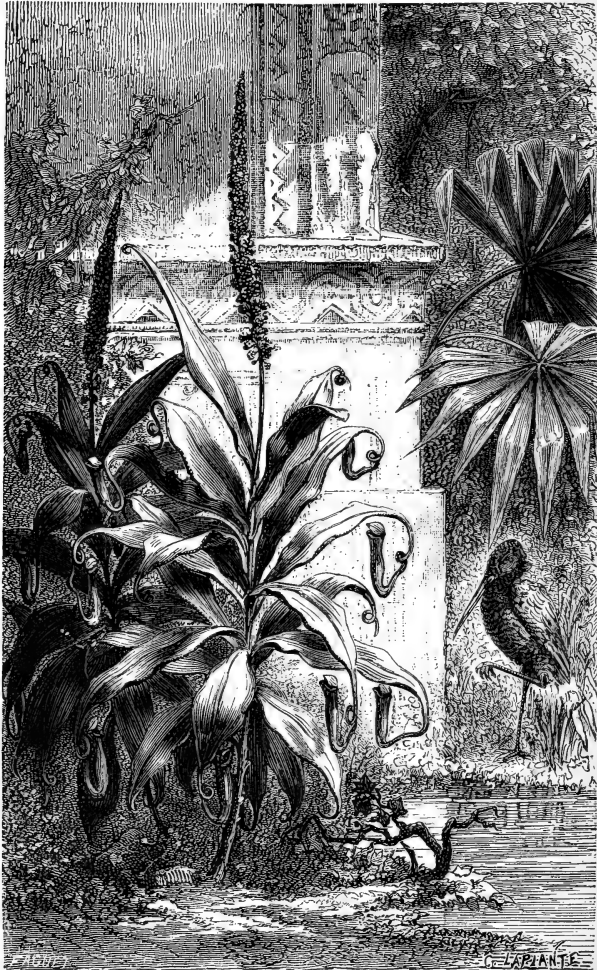
dieren is, in des te grooter aantal worden zij in deze organen gevangen. Zoekt men planten uit slooten met geheel helder water, waarin zij trouwens slechts zelden groeien, zoo zijn gewoonlijk de meeste blaasjes leeg. Plaatst men nu zulk een plant in een water, dat wemelt van kleine diertjes, zoo vindt men den volgende dag, dat bijna alle blaasjes een prooi gevangen hebben.

Het vetkruid en het blaaskruid behooren, gelijk de bouw hunner bloemen leert, tot dezelfde natuurlijke familie. Behalve de beide besproken soorten, komen van beide geslachten in Europa nog andere soorten voor, die eveneens insecten vangen. Ook eenige andere geslachten der zelfde familie bezitten inrichtingen tot dit doel.

Wij zagen, dat eveneens de inlandsche en amerikaansche vliegenvangertjes tot een familie behoorden, van welke de talrijke bekende leden met dezelfde merkwaardige eigenschap toegerust zijn. Ook nog in een andere natuurlijke plantenfamilie wordt dezelfde afwijking van de normale voeding aangetroffen, doch wederom met geheel andere inrichtingen. Ik bedoel de bekerplanten. Onder deze zijn diegene, welke tot het geslacht *Nepenthes* behooren de meest bekende en verdienen daarom hier nog kort besproken te worden. Deze vooral in het zuidelijk deel van Afrika voorkomende gewassen bezitten vrij lange smalle bladen, wier top in een draad uitloopt, die als het ware eene voortzetting der middennerfbuiten de bladschijf is. Aan het uiteinde van dezen draad bevindt zich een buisvormig bekertje, dat bij vele soorten van dit geslacht van boven met een deksel kan worden gesloten. De organen, waardoor het vocht wordt afgezonderd, dat bestemd is, om de in de bekercel gelokte prooi te verteren, bevinden zich aan de binnenzijde in het onderste gedeelte van den beker. Zij scheiden een waterachtig vocht in zoo groote hoeveelheid af, dat dit niet zelden omstreeks de helft van den beker vult. Aan deze zonderlinge inrichting hebben deze bekerplanten een vrij algemeene bekendheid te danken. In warme streken bieden zij aan reizigers een aangename lufenis, daar het in groote hoeveelheid in de talrijke bekercel voorhanden vocht een verkwikkenden smaak heeft.

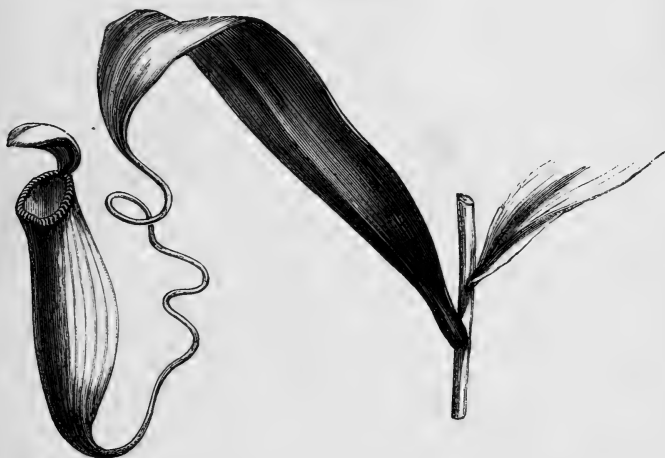
Insecten, die zich op den rand der bekercel nederzetten, kun-

Fig. 73.

Bekerplant (*Nepenthes distillatoria*).

nen daarin gemakkelijk afdalen en zoo in het vocht geraken. Eenmaal hierin aangekomen, worden zij, naar het schijnt, op

Fig. 74.



Afzonderlijk blad van de Bekerplant met het bekertje.

dezelfde wijze verteerd en als voedsel opgenomen en verbruikt, als wij dit voor de overige in dit hoofdstuk behandelde planten beschreven hebben.

Eenige andere, minder bekende planten, wier bekervormige bladen eveneens een vocht afzonderen, gaan wij met stilzwijgen voorbij.

Vatten wij ten slotte de voornaamste uitkomsten van dit hoofdstuk nog eens in korte stellingen samen, en herinneren wij ons daarbij, dat de meeste groene planten zelf haar organisch voedsel bereiden en daartoe uitsluitend het koolzuur der lucht en de door de wortels opgenomen stoffen verwerken, terwijl de woeker- en afvalplanten, die meest de groene kleurstof missen, op levende of gestorven planten of dieren, of tusschen hunne halfverrotte overblijfsels vastgehecht zijn en uit deze haar voedsel zuigen.

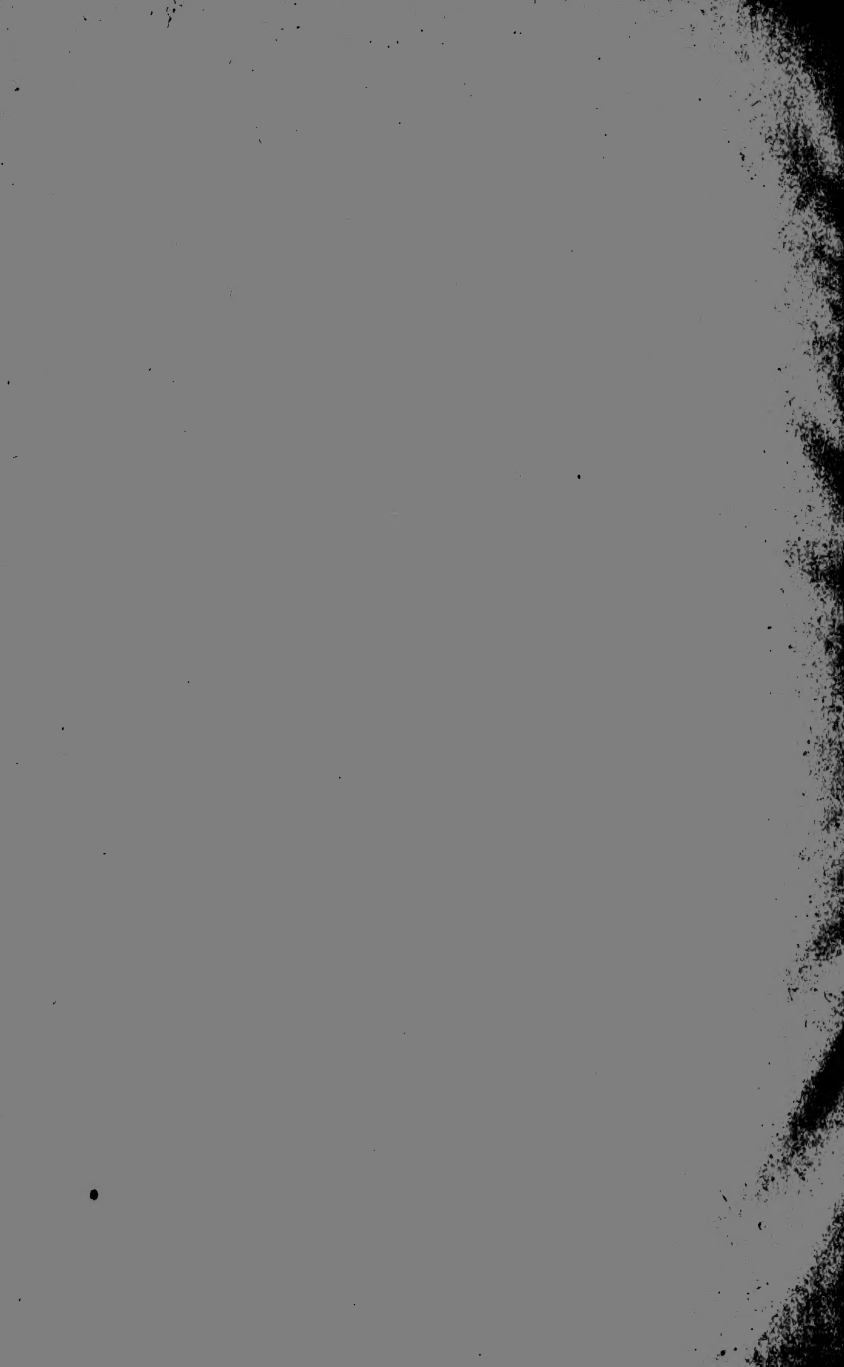
Tegenover deze beide voedingswijzen staan de insectenetende

planten, die met haar bladen kleine dieren vangen en tot haar voeding gebruiken. Zij dooden haar prooi door middel van bepaalde vochten, die er de voedende bestanddeelen uit oplossen, en dit krachtens eigenschappen, die hen scheikundig zeer met maagsap doen overeenkomen. Deze vochten worden door talloze kleine kliertjes afgezonderd en, nadat zij hun werking uitgeoefend hebben, met de verteerde stoffen weder volledig opgezogen. Daarbij brengen zij in de cellen der opzuigende organen microscopisch-zichtbare veranderingen teweeg. De middelen, waardoor een prooi gevangen wordt, zijn of de afzondering van een kleverig vocht, of bewegingen van het blad; in vele gevallen dragen zulke bewegingen wel is waar niet tot het vangen der dieren bij, maar zijn zij toch voor een snelle vertering der prooi van groot belang. Het schijnt, dat het vooral de eiwitachtige, of in het algemeen stikstofhoudende stoffen zijn, voor welker verkrijging het uitzuigen van insecten noodig is, terwijl de stikstofvrije organische stoffen door de groene kleurstof der bladeren rechtstreeks uit het koolzuur der lucht bereid kunnen worden.

I N H O U D.

I. De bouwstoffen van het plantenlichaam.....	Blz. 1
II. De bouw en de verrichtingen der bladen.....	» 21
III. De tijdelijke bewaarplaatsen van het voedsel.....	» 55
IV. De bouw en de verrichtingen der wortels.....	» 100
V. De beweging van het water.....	» 124
VI. De scheikundige bestanddeelen der planten.....	» 148
VII. De leer der bemesting.....	» 166
VIII. De insectenetende planten.....	» 191





New York Botanical Garden Library

QK867 .V75 1886

Vries, Hugo de/De voeding der planten

gen



3 5185 00021 6059

